

# 富士山鳴沢観測井のボーリングコアの層序と岩石学的特徴

|     |   |
|-----|---|
| 著者  | 宮地 直道, 安井 真也, 富樫 茂子, 朝倉 伸行, 遠藤 邦彦, 鵜川 元雄  |
| 雑誌名 | 防災科学技術研究所 研究報告  |
| 巻   | 54  |
| ページ | 39-73   |
| 発行年 | 1995-01   |
| URL | <a href="http://doi.org/10.24732/nied.00001060">http://doi.org/10.24732/nied.00001060</a> |

## 富士山鳴沢観測井のボーリングコアの層序と岩石学的特徴

宮地直道\*・安井真也\*\*・富樫茂子\*\*\*・朝倉伸行\*\*

・遠藤邦彦\*\*・鶴川元雄\*\*\*\*

### Stratigraphy and Petrological Feature of the Borehole Cores from Observation-well at Narusawa Area, Fuji Volcano.

By

Naomichi MIYAJI\*, Maya YASUI\*\*, Shigeko TOGASHI\*\*\*,

Nobuyuki ASAKURA\*\*, Kunihiro ENDO\*\*

and Motoo UKAWA\*\*\*\*

*\*Hokkaido National Agricultural Experiment Station*

*\*\*Nihon University*

*\*\*\*Geological Survey of Japan*

*\*\*\*\*National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*

#### Abstract

Studies were carried out on the stratigraphy and petrological characteristics of borehole cores from the observation-well at Narusawa, northwestern foot of Mt. Fuji. Total depth of the boring reached 201 m from the surface. Boring core samples can be divided by the petrographical characteristics into groups A1 to A5.

According to petrographical properties, we regarded the group A1 (201-196m in depth) as the products of older Fuji Volcano, the group A2 (196-160m) as the older stage products of Younger Fuji Volcano and the groups A3 to A5 (95-7m) as the middle stage products of Younger Fuji Volcano.

Whole-rock chemical composition of major and minor elements were determined. The degree of differentiation of magma was the greatest in the middle stage of Younger Fuji Volcano, the second greatest in the older stage of Younger Fuji Volcano and the lowest in the Older Fuji Volcano. Especially, the group A4, which belongs to the middle stage of Younger Fuji Volcano, were greatly differentiated and it may be originated from the flank eruptions along NW to SE slopes of Mt. Fuji. Chemical composition of trace elements and their ratio suggest that source of the middle stage products of Younger Fuji Volcano is different from the source material which resulted in the older stage products of Younger Fuji Volcano.

キーワード：富士火山(Fuji Volcano), 溶岩流(Lava flows), 記載岩石学(Petrography), 全岩化学組成(Whole-rock chemistry), 玄武岩(Basalt)

---

\*北海道農業試験場 生産環境部 土壌特性研究室

\*\*日本大学 文理学部 応用地学教室

\*\*\*地質調査所 地殻化学部 同位体地学課

\*\*\*\*防災科学技術研究所 地震予知研究センター

## 1. はじめに

防災科学技術研究所では富士山の火山活動を観測するために、平成 3 年度に富士山の北西麓にあたる山梨県南都留郡鳴沢村の標高 1,250 m の地点に深度 201 m の観測井を設置した。この観測井の設置に際し、多数のボーリング試料が採取された。従来、富士山のボーリングコアを用いて、その岩石学的特性の経時変化を系統的に研究した例はほとんどない。そこで採取された試料について、岩相および記載岩石学的特徴を調べ、全岩主成分及び微量元素の分析を行い、調査地区における噴出物の層序と岩石学的特徴の把握を行った。本研究の成果は富士火山の地下構造や詳細な形成史、マグマの性質や噴出量の時間的変化を明らかにする上での基礎的知見となる。

## 2. 富士山の形成史の概略

富士山はグリーンタフの新第三系を基盤とし、その上に形成された中期更新世の小御岳火山、8~1 万年前に活動した古富士火山、そして、1 万年前から現在まで活動を続けている新富士火山の 3 つの火山からなると考えられている(津屋, 1968, 1971 など)。古富士火山と新富士火山の境界の年代は約 1 万年前とする考え(津屋, 1968; 上杉ほか, 1983; 宮地, 1988)と 5000 年前とする考え(町田, 1964)があるが、ここでは約 1 万年前として論ずる。

古富士火山は山頂火口を中心に爆発的活動を繰り返し、多量の火砕物(テフラ)および溶岩を噴出して山体を成長させた。古富士火山は活動の後期にしばしば規模の大きな溶岩を噴出するとともに山体崩壊を繰り返し、山麓一帯に「古富士泥流」(町田, 1964)とよばれる岩屑流やその二次泥流を流下させた。

新富士火山の形成史は、溶岩を主とした噴出物の詳細な分布の把握や編年(津屋, 1968, 1971)とともに、テフラ層序の解明および編年がすすむことにより、その概要が明らかにされた(町田, 1964; 泉ほか, 1977; 宮地, 1988 など)。新富士火山は 11000~8000 年前に山頂火口および側火口から極めて規模の大きな溶岩(旧期溶岩)を頻繁に噴出したが、その後山頂火口からの小規模なテフラの噴出が続き、4500~3000 年前には山頂火口および側火口から規模の大きな溶岩(中期溶岩)と小規模なテフラを噴出した。3000~2000 年前には山頂火口から頻繁に規模の大きなテフラが噴出したが、2000~287 年前(1707 A.D.)には側火口から小~中規模の溶岩(新期溶岩)と小規模なテフラを噴出した。富士火山の最も新しい噴火である 1707 年噴火(宝永噴火)は約半月間続き、多量のテフラを南関東一円にもたらした。

新富士火山の噴出物のうち、山麓に分布する主要なテフラ層や、新期溶岩の大半についてはその分布や層序が明らかにされ、詳細な岩石学的検討もなされている。しかし、中期溶岩や旧期溶岩については、それらの上に複数の厚い溶岩が重なり合っているため、地表に露出しない溶岩の層序や化学的性質は不明である。このため、より詳細な新富士火山の活動史の解明をすすめるためにも、中期溶岩や旧期溶岩に関する更なる研究が必要である。本論では、

鳴沢での観測井の設置時に採取されたボーリングコア試料に関して、まず岩相および記載岩石学的特徴について述べ、ついで全岩化学組成について述べる。

### 3. 調査地区の地質

観測井は富士山北西斜面の標高 1,250 m の地点に設置された (図 1)。新富士火山の主要な側火山は山体の北西—南東方向に分布するが、観測井はこの側火山列の分布域内に位置する。観測井付近には、表層の約 50 cm に近傍の天神山・伊賀殿山などの富士山北西麓の側火山から噴出した 2000~287 年前のテフラ層及びその風化火山灰層が認められる。その下位には、同じく北西麓の大室山から 3000 年前に噴出した大室スコリア層が認められ、さらにその直下にはいわゆる中期溶岩の一つである精進口 2 合溶岩が分布する。

### 4. ボーリングコアの産状と柱状図

観測井の設置に伴い採取されたボーリングコアを観察した結果、回収されたコアはすべて溶岩であった。そこで、まず溶岩の上下に発達するクリンカの有無や気泡の量に基づき、各溶岩流の境界を識別した。次に、各溶岩の色調、溶岩に含まれる斑晶鉱物の種類・量、気泡の形態・大きさなどをもとに層位区分を行い、柱状図を作成した (図 2)。なお、柱状図作成には本試掘に際して作成された業者の報告書を参考にした。

今回採取されたボーリングコアはいくつかの層位の試料が欠落している。このうち 0~29 m、95~160 m の深度の試料はもともと採取されなかった。また、これ以外の層位でも火山灰・火山礫などのテフラや土壌などの溶岩以外の試料は回収されていない。さらに、クリンカの中には試料採取時に脱落したものもある可能性が高い。このため、図 2 の柱状図では試料が回収されなかった層準は原則として空欄としたが、表層部については観測井設置地点周辺の表層地質の調査結果をもとに補完した。

## 5. 記載岩石学的特徴

### 5.1 ボーリングコアの岩相の深度別特徴

ボーリング柱状図をもとに、一連の溶岩または岩質が類似する溶岩を深度別にまとめ、肉眼観察による各々の岩相の特徴を述べる。

#### (1) 深度：0~7.0 m

試料は回収されていないが、観測井周辺の表層地質から判断して、0~0.5 m までは富士山北西麓の側火山群に由来するスコリア層および風化火山灰層から成り、0.5~7.0 m までは上述の大室スコリア層からなると推定される。

#### (2) 深度：7.0~25.0 m

同じく試料は回収されていない。ただし、この観測井の周辺では大室スコリア層の直下に



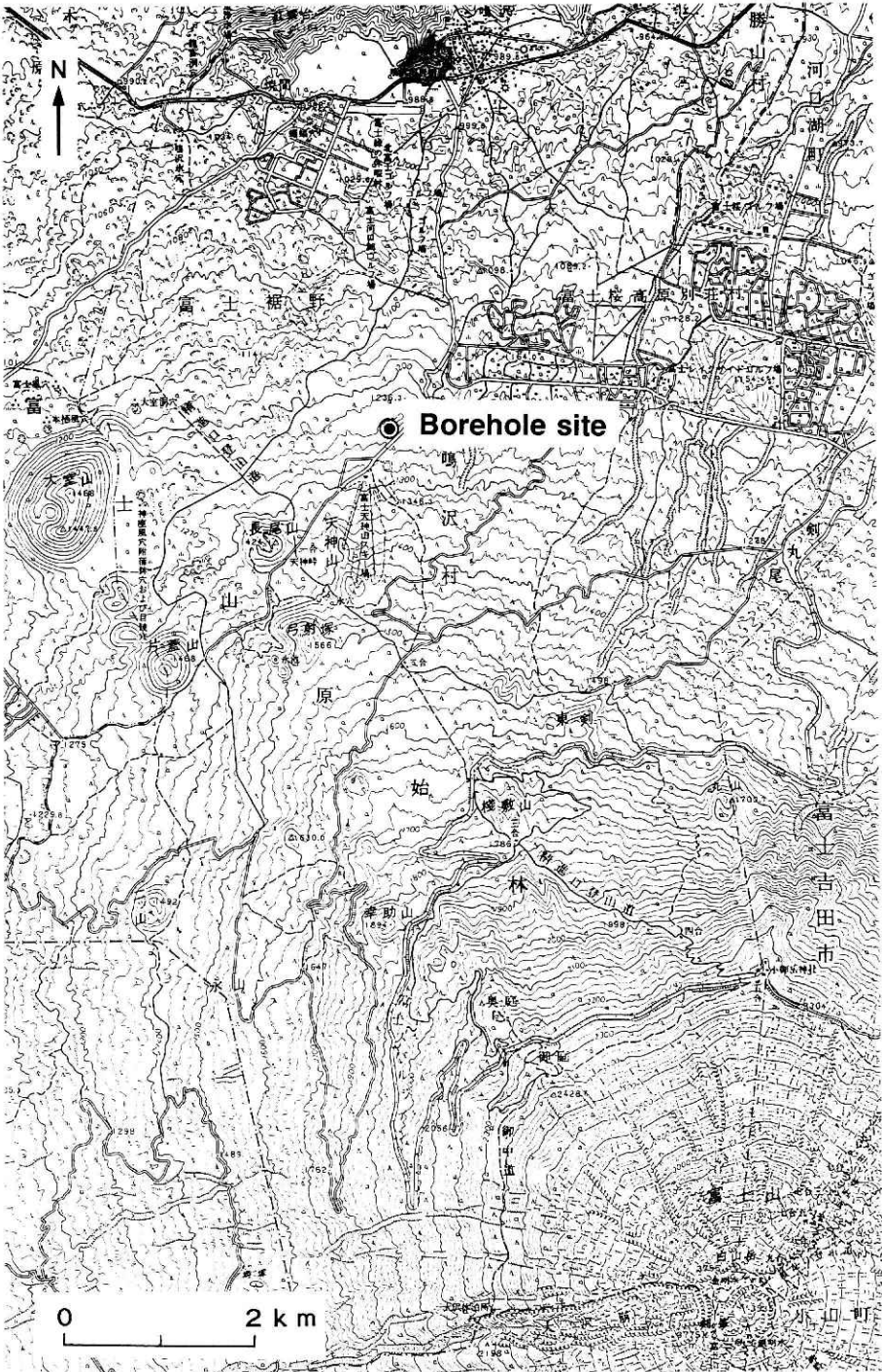


図 1 位置図

Fig.1 Locality map showing the borehole site.

新富士火山の中期溶岩に属する精進口2合溶岩とよばれる層厚が5 m以上の溶岩が分布すること、この試錐を行った業者の報告書には9.5~36.0 mまで同一の溶岩として記載されていることから、この層準には25.0~36.0 mの溶岩と同一ないしは類似の溶岩が存在する可能性が高い。

(3) 深度：25.0~36.0 m (図版1a 参照)

灰色の緻密な溶岩で直径1 mm以下の丸い気泡を少量含むが、深度28, 29, 32 m前後の層準で気泡の量・大きさともに増加する。これらの層準では気泡は丸く、その大きさは平均5 mmである。最下部は高温酸化により赤褐色を呈し、クリンカに移化する。緻密な部分には、斑晶鉱物として細粒な斜長石(平均1 mm, 最大3 mm)、カンラン石(最大0.5 mm)および輝石(平均1~5 mm)が認められる。

(4) 深度：36.0~41.5 m (図版1a 参照)

灰色の緻密な溶岩で直径1 mm以下の丸い気泡を少量含み、上下にクリンカを伴う。緻密な部分には、斑晶鉱物として斜長石(平均1 mm, 最大3 mm)や粗粒な輝石(平均1~5 mm)が認められる。

(5) 深度：41.5~54.0 m (図版1b 参照)

この深度には複数の緻密な溶岩や高温酸化した溶岩、クリンカなどが認められるが、試料の回収率が低く、全く試料が得られていない層準も複数あるため、一枚の溶岩の上下の境界を明確に決定できない。このため、この深度には複数の溶岩流が含まれている可能性が高いが、ここでは一括して述べる。

緻密な溶岩は2層認められる。このうち上部(深度48.0~48.8 m)の溶岩は灰色で直径2 mm以下の球形の気泡、ないしはそれらが結合した気泡を少量含む。斑晶として、細粒な長柱状の斜長石(平均1 mm以下, 最大5 mm)や輝石(最大4 mm)が認められる。下部(52.3~53.2 m)の溶岩は、暗灰色で直径2 mm以下の丸い気泡や伸びた気泡を少量含む。斑晶として、他形の斜長石(平均2 mm, 最大5 mm)や細粒な輝石(最大1 mm)が認められる。

(6) 深度：54.0~59.1 m (図版1b 参照)

灰色で緻密な2層の溶岩からなり、それらは1 mm以下の丸い気泡を少量含む。緻密な部分には斑晶として、細粒な斜長石(平均1 mm, 最大3 mm)、カンラン石(最大1 mm)および輝石(最大1 mm)が少量認められる。

(7) 深度：59.1~65.5 m

淡灰色~暗灰色の緻密な溶岩で、上部は1~10 mmの不定形の気泡を多く含むが、下部には気泡が少ない。気泡の内壁はガラス質である。上部には、斑晶として粗粒な斜長石(最大10 mm)や輝石(最大1 mm)が少量認められる。下部には、斜長石(平均2.5 mm, 最大7 mm)や輝石(最大1 mm)がごく少量認められる。

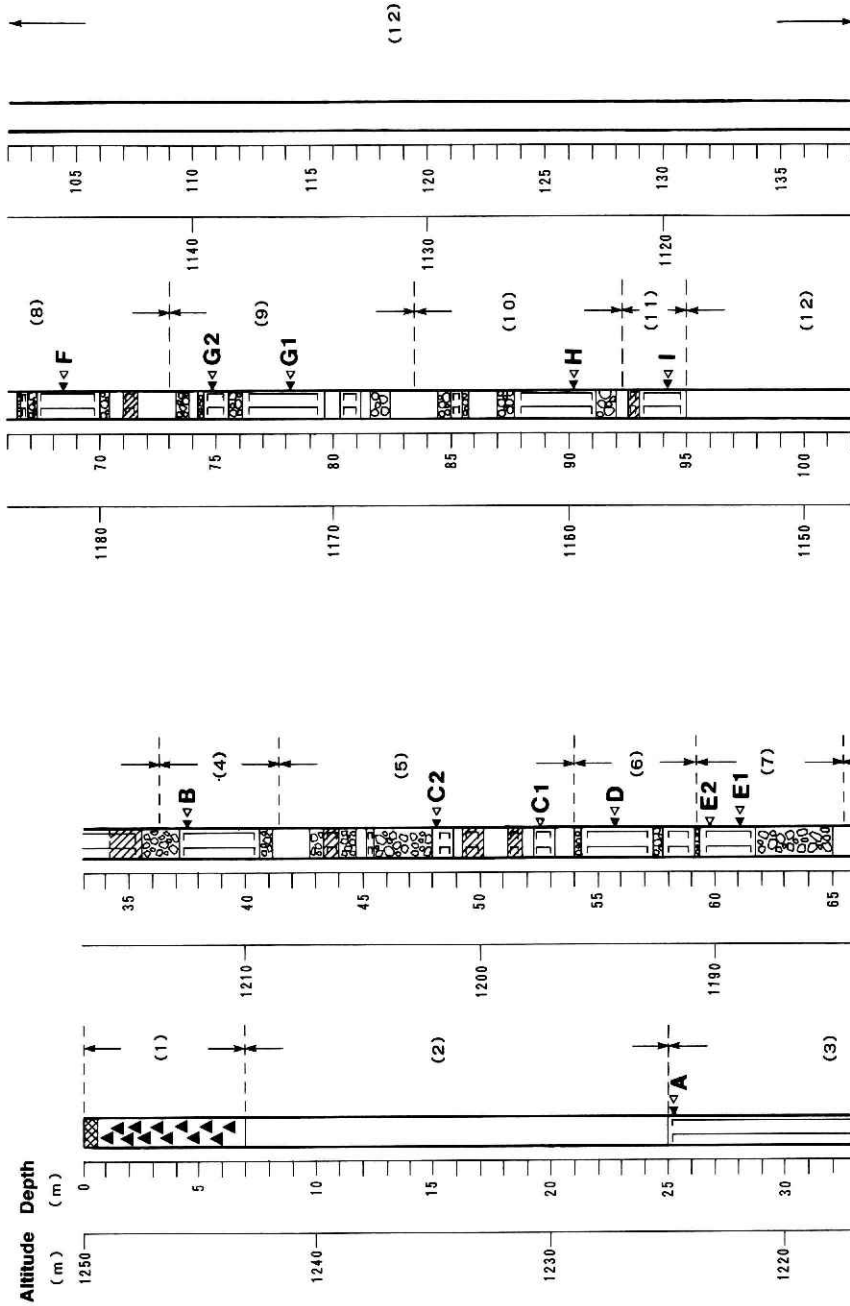


図 2(a) 柱状図 (0 ~ 138m)

Fig. 2(a) Columnar sections of the borehole cores (0 ~ 138m).

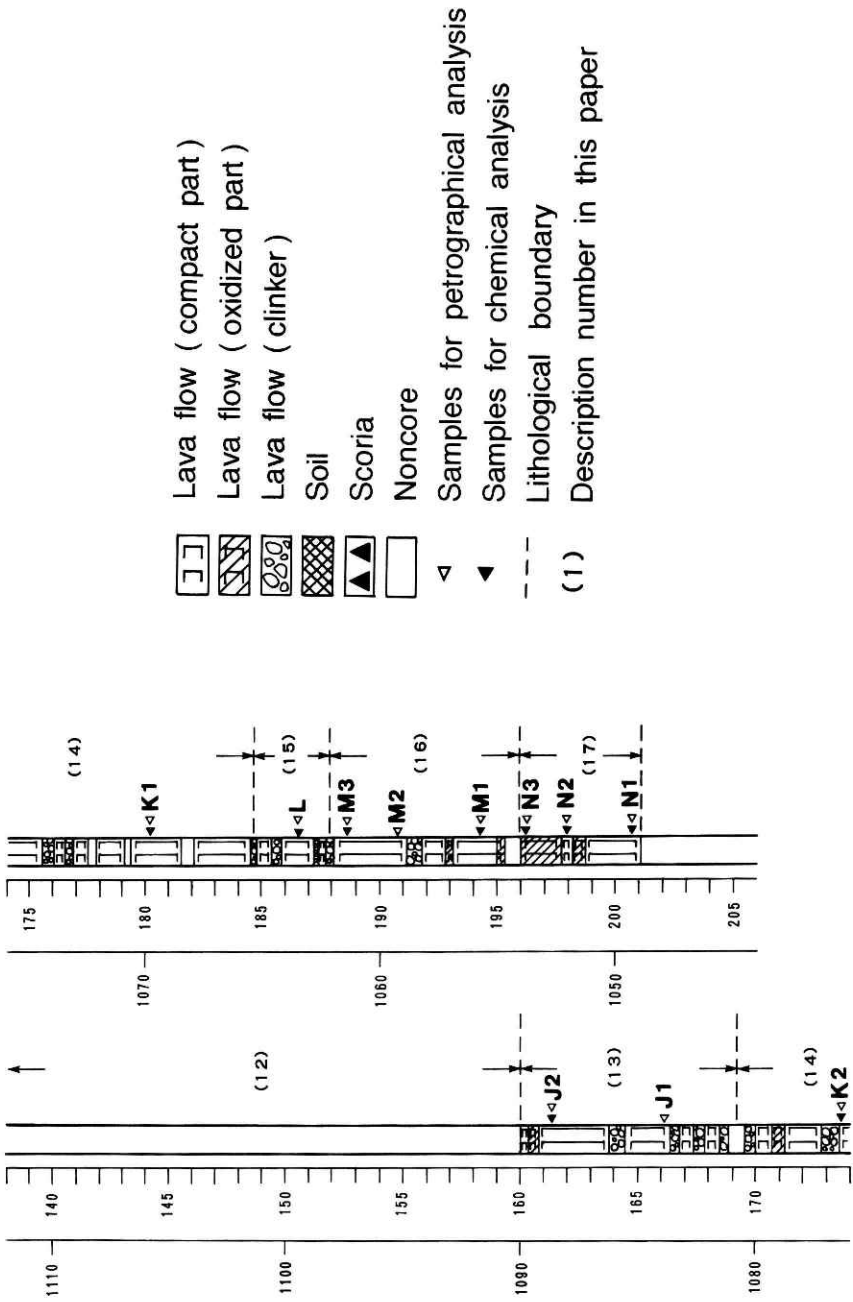


図 2 (b) 柱状図 (138m~201m)

Fig. 2 (b) Columnar sections of the borehole cores (138m~201m).

(8) 深度：65.5～73.0 m (図版1c 参照)

灰色の緻密な溶岩で2～5 mmの丸い気泡を多く含む。緻密な部分には斑晶として板状の斜長石(最大5 mm)が多く認められ、輝石(平均2 mm)も少量認められる。

(9) 深度：73.0～83.5 m (図版1c 参照)

灰色～暗灰色の2～3層の溶岩からなる。これらの溶岩はいずれも1～4 mmの気泡を多く含む、これらの気泡は部分的に伸びている。下部(深度76.1～79.6 m)の溶岩は特に気泡の量が多いが、気泡の多くは1 mm以下である。またこの層準にはハンレイ岩質の捕獲岩が認められた。上部(深度74.5～75.4 m)の溶岩には、斑晶として斜長石(最大3 mm)や輝石(最大1 mm)が少量認められる。

(10) 深度：83.5～92.0 m

暗灰色の2層の溶岩からなる。両者の間は試料が欠如するため、互いの連続性は不明である。これらの溶岩はいずれも気泡の量が少なく、大半が球形の小さな気泡であるが、伸長した気泡や、気泡が一定方向に配列した部分が局所的に認められる。

下部(深度87.7～91.1 m)の溶岩には、斑晶として斜長石(最大3 mm)や輝石(平均2 mm)が少量含まれる。

(11) 深度：92.0～95.0 m (図版1d 参照)

暗灰色の溶岩で、緻密な部分には1～2 mmの球形ないしは不定形の気泡が多く含まれる。局所的に気泡が一定方向に配列した部分が認められる。緻密な部分には斑晶として、斜長石(平均1 mm, 最大3 mm)がやや多く含まれ、また輝石(平均2 mm)が少量含まれる。

(12) 深度：95.0～160.0 m

試料は回収されていない。

(13) 深度：160.0～169.2 m (図版1e 参照)

淡灰色の4層の溶岩からなり、これらの溶岩はそれぞれクリンカで接する。それぞれの緻密な部分には気泡は少なく、気泡の径は1 mm程度である。部分的に直径5～10 mmの大きな気泡が見られ、上部(深度160.8～163.8 m)の溶岩に特に多い。斑晶として粗粒な斜長石(最大5 mm)がやや多く含まれる。

(14) 深度：169.2～184.8 m (図版1e 参照)

灰色～淡灰色の4～8層の溶岩からなる。上半部の4層の溶岩は互いにクリンカで境されているが、下半部ではコアの欠落部を挟んで3層の溶岩にわけられた。これらの溶岩は岩相変化に富み、互いの連続性は不明である。緻密な部分には5～10 mmの大きな気泡が多数認められる。斑晶として板状の斜長石(最大7 mm)が多く含まれる。

(15) 深度：184.8～188.0 m (図版1f, g 参照)

灰色の3層の溶岩からなる。これらの溶岩はいずれも上下にクリンカを伴う。それぞれの緻密な部分には直径1～2 mm, 最大5 mmの球形ないし、ややつぶれた気泡が多

く認められる。斑晶として斜長石（平均 2.5 mm，最大 5 mm），カンラン石（最大 0.7 mm）および輝石（平均 1 mm 以下）が少量認められる。

(16) 深度：188.0～196.0 m （図版 1 f, g 参照）

淡～暗灰色の 3 層の溶岩からなる。それぞれの緻密な部分には大きな気泡が多く含まれ、特に、上部（深度 188.1～191.2 m）の溶岩に含まれる気泡は平均 10 mm，最大 20 mm と極めて大きい。これに対し、下部（深度 193.1～195.0 m）の溶岩では、平均 2～3 mm の球形の気泡が顕著に認められる。斑晶として板状の斜長石（平均 2 mm，最大 7 mm）がやや多く含まれ、輝石（平均 2 mm，最大 7 mm）はむしろ少ない。

(17) 深度：196.0～201.0 m （図版 1 f, g 参照）

上部（深度 196.0～197.8 m）の礫状の部分と中部（深度 197.8～201.0 m）の暗灰色を呈する緻密な溶岩、下部（深度 198.9～201.0 m）の灰色～暗灰色を呈する緻密な溶岩からなり、間にやや礫状の部分がはさまれる。上部の礫状部分の石基は一部変質している。溶岩の中部～下部には、直径 1～3 mm，最大 9 mm の球形や不定形の気泡が密集する部分が 20～30 cm の単位で緻密部分と互層状に認められる。気泡の内壁はガラス質である。斑晶として、カンラン石（平均 1.5 mm），輝石（平均 1.5 mm），斜長石（平均 2 mm，最大 3 mm）が含まれるが、斜長石の含まれる割合は少ない。

## 5.2 微視的特徴

コアから深度別に試料を採取し（図 2，試料 A—N 1），薄片を作成したのでその観察結果を以下に述べる。また、記載上の特徴を深度別に表 1 にまとめ、モード組成を表 2 および図 3 に示す。

### (1) 斑 晶

a) 斜長石：自形ないし半自形で、柱状～板状を呈する。清澄で外縁部に累帯構造の認められるものが多い。清澄で“patchy-zoning”を呈するものや、塵状帯を有するものもしばしば認められる。蜂の巣状構造を示すものもしばしば認められる。

b) カンラン石：自形～他形を呈する。細粒の輝石や磁鉄鉱から構成される反応縁に囲まれるものがしばしば認められる。

c) 単斜輝石：半自形～他形を呈し、試料 B, H, K 2, K 1, L 中のものは反応縁に囲まれる。累帯構造や“sector-zoning”が稀に認められる。

d) 斜方輝石：半自形～他形を呈し、試料 A, B, I, K 2, L 中のものは細粒の輝石や磁鉄鉱から構成される反応縁に囲まれる。累帯構造や塵状帯を有するものも稀に認められる。

e) 集合斑晶：複数のカンラン石から成るものや、複数の斜長石から成るものがしばしば認められる。また、カンラン石＋斜長石，単斜輝石＋斜方輝石等の組合せから成る集合斑晶もしばしば認められる。

表 1 記載岩石学的特徴のまとめ

Table 1. Summary of microscopic features of borehole core samples.

1: Olivine phenocryst max size (mm), 2: Crystal shape of olivine phenocryst, E: euhedral S: subhedral A: anhedral, 3: Reaction rim of olivine phenocryst ○: present - : absent, 4: Plagioclase phenocryst max size (mm), 5: Texture of plagioclase phenocryst, A: clear B: with dusty zone C: Honey-combed structure, ◎: dominant ○: present △: present but rare - : absent p: patchy zoning z: simple zoning o: oscillatory zoning, 6: texture of groundmass, G: intergranular S: intersertal P: pilotackisitic, 7: mineral assemblages of crystal-clots. Legend is same as Table 2.

|     | Depth<br>(m) | 1   | 2   | 3 | 4   | 5<br>A | 5<br>B | 5<br>C | 6 | 7                |
|-----|--------------|-----|-----|---|-----|--------|--------|--------|---|------------------|
| A   | 25.25        | 0.5 | S   | ○ | 3   | ◎pz    | ○      | △      | G | cpx+opx          |
| B   | 37.5         | 0.1 | A   | ○ | 3   | ◎po    | ○      | △      | G | cpx+opx          |
| C-2 | 48.1         | 0.3 | S   | ○ | 5   | ◎p     | △      | △      | G | ol+cpx+pl+ox     |
| C-1 | 52.6         | 0.2 | E-S | - | 5   | ◎      | -      | △      | P | ol+pl            |
| D   | 55.7         | 1   | S   | ○ | 3   | ○z     | ◎      | ○      | G | pl               |
| E-2 | 59.8         | 0.4 | S   | - | 10  | ◎o     | -      | ○      | S | pl               |
| E-1 | 61.1         | 0.2 | S   | - | 7   | ○      | -      | ○      | S | ol+pl            |
| F   | 68.5         | 0.4 | S   | - | 5   | △z     | ◎p     | △      | G |                  |
| G-2 | 74.95        | 0.3 | S-A | - | 3   | -      | ◎z     | △      | S |                  |
| G-1 | 78.3         | 1   | E-S | - | 1.8 | -      | ◎z     | △      | G |                  |
| H   | 90.3         | 0.1 | S   | - | 3   | -      | ◎o     | △      | G |                  |
| I   | 94.3         | 0.6 | S   | ○ | 3   | ◎z     | ○      | △      | G | ol+opx+pl+ox     |
| J-2 | 161.4        | 0.8 | E-S | ○ | 5   | ○z     | ◎      | △      | G | ol+pl            |
| J-1 | 166.1        | 0.8 | S   | - | 5   | ○z     | ◎      | △      | G | pl, ol           |
| K-2 | 173.6        | 0.3 | S   | ○ | 7   | -      | ◎z     | △      | S | ol+pl            |
| K-1 | 180.3        | 0.5 | E-S | ○ | 3.6 | ◎z     | ○      | △      | G | ol, ol+pl        |
| L   | 186.6        | 0.7 | S   | ○ | 5   | ◎z     | ○      | -      | S | cpx+opx, ol+ox   |
| M-3 | 188.6        | 0.3 | S   | ○ | 3   | ◎po    | ○      | -      | G |                  |
| M-2 | 190.9        | 0.8 | E-S | - | 7   | ◎o     | ○      | -      | S | pl               |
| M-1 | 194.3        | 0.8 | E-S | - | 2.4 | ◎z     | ○      | △      | S | ol+cpx+opx+pl+ox |
| N-3 | 196.3        | 0.7 | S-A | - | 1   | -      | -      | ◎      | P |                  |
| N-2 | 198          | 0.5 | S-A | - | 1   | -      | -      | ◎      | G |                  |
| N-1 | 200.8        | 0.7 | S   | - | 3.2 | -      | -      | ◎z     | G |                  |

表2 モード組成

Table 2. Modal composition (vol. %) of borehole core samples.

Pl: plagioclase, Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene,

Opx: orthopyroxene, Ox: Fe-Ti oxide, Gd: groundmass.

| Group | Sample | Pl   | Ol  | Cpx | Opx | Ox  | Gd   | Ol/Ol+Px | Phenocrysts |
|-------|--------|------|-----|-----|-----|-----|------|----------|-------------|
| A5    | A      | 41.0 | 1.4 | 0.4 | 1.6 | 0.5 | 55.1 | 0.4      | 44.9        |
|       | B      | 37.3 | 0.7 | 1.0 | 2.5 | 0.2 | 58.3 | 0.2      | 41.7        |
| A4    | C-2    | 31.4 | 0.9 | 0.2 | 1.3 | 0.4 | 65.8 | 0.4      | 34.2        |
|       | C-1    | 18.0 | 2.2 | Tr. | 0.2 | 0.4 | 79.3 | 0.9      | 20.7        |
|       | D      | 17.2 | 0.2 | 0.0 | Tr. | 0.2 | 82.4 | 1.0      | 17.6        |
|       | E-2    | 18.0 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 0.5 | 80.4 | 0.8      | 19.6        |
|       | E-1    | 11.4 | 1.7 | Tr. | 0.0 | 0.2 | 86.6 | 1.0      | 13.4        |
| A3    | F      | 25.5 | 1.0 | Tr. | 0.2 | 0.7 | 72.7 | 0.8      | 27.3        |
|       | G-2    | 25.3 | 2.3 | Tr. | 0.2 | 0.2 | 72.0 | 0.9      | 28          |
|       | G-1    | 16.6 | 1.6 | 0.0 | Tr. | 0.5 | 81.3 | 1.0      | 18.7        |
|       | H      | 22.3 | 1.3 | Tr. | 0.2 | 0.0 | 76.2 | 0.9      | 23.8        |
|       | I      | 22.9 | 1.1 | Tr. | 1.3 | 0.2 | 74.5 | 0.5      | 25.5        |
| A2    | J-2    | 16.1 | 3.5 | Tr. | Tr. | Tr. | 80.4 | 1.0      | 19.6        |
|       | J-1    | 23.3 | 3.5 | 0.2 | Tr. | 0.2 | 72.8 | 0.9      | 27.2        |
|       | K-2    | 21.3 | 3.4 | 0.2 | Tr. | 0.2 | 74.9 | 0.9      | 25.1        |
|       | K-1    | 19.6 | 2.6 | Tr. | 0.2 | 0.0 | 77.6 | 0.9      | 22.4        |
|       | L      | 25.1 | 2.0 | 1.6 | 1.8 | 0.0 | 69.5 | 0.4      | 30.5        |
|       | M-3    | 25.5 | 3.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 71.4 | 1.0      | 28.6        |
|       | M-2    | 17.0 | 1.7 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 81.1 | 0.9      | 18.9        |
|       | M-1    | 20.0 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.0 | 78.4 | 0.4      | 21.6        |
| A1    | N-3    | 8.1  | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 91.1 | 1.0      | 8.9         |
|       | N-2    | 7.6  | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 91.8 | 1.0      | 8.2         |
|       | N-1    | 15.2 | 0.7 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 83.9 | 0.8      | 16.1        |

## (2) 石 基

細粒～中粒の完晶質で、インターグラニュラー組織を示すものが多い。次いで、半晶質でインターサタル組織を呈するものや、ピロタキシティック組織を呈するものが認められる。石基鉱物は、針状ないし短冊状の斜長石、粒状の輝石、磁鉄鉱から成り、少量の褐色ガラスが含まれるものもある。

### 5.3 ボーリングコア全体の記載岩石学的特徴

これらの溶岩は、以上のような気泡や斑晶などの巨視的特徴や鏡下での微視的特徴といった記載岩石学的特徴に基づき、グループ A 1 (深度 201～196 m; 試料 N 1～N 3)、グループ A 2 (深度 196～160 m; 試料 M 1～J 2)、グループ A 3 (深度 95～65 m; 試料 I～F)、グループ A 4 (深度 65～42 m; 試料 E 1～C 2)、グループ A 5 (深度 42～25 m; 試料 B, A) に大別できる。以下に各グループの特徴を述べる。



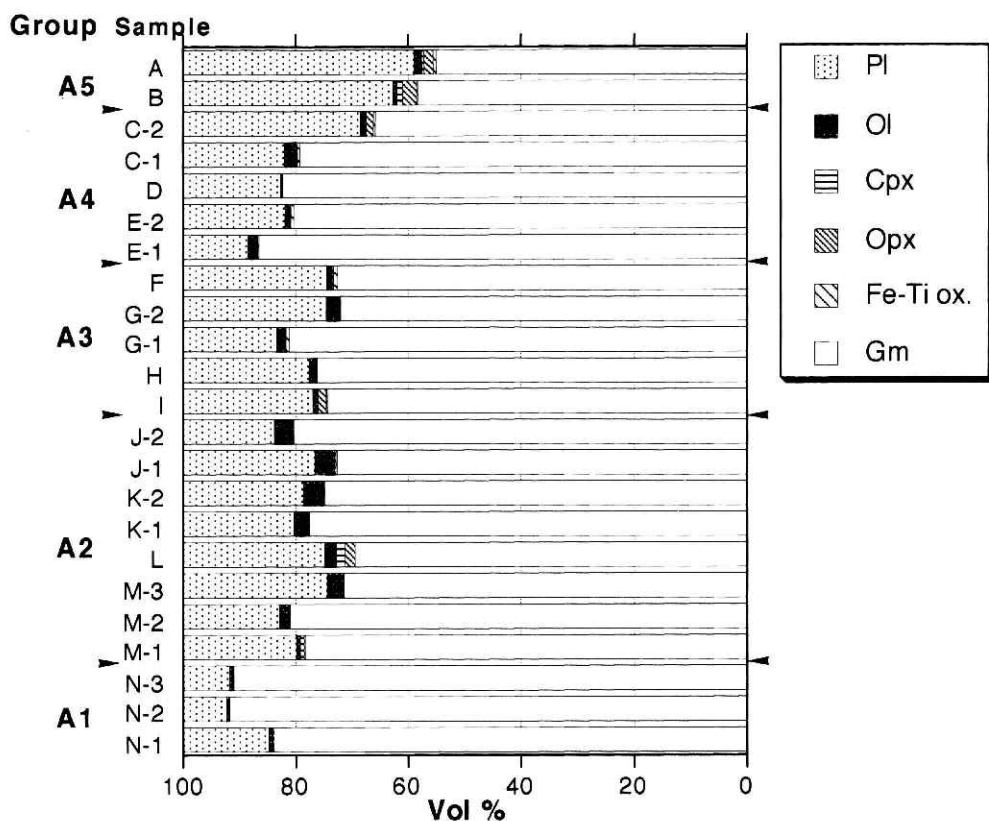


図3 モード組成の垂直変化

Fig. 3 Vertical variation of modal composition of borehole core samples.

#### (1) グループ A 1

礫状の溶岩と緻密な溶岩からなり、礫状部分の石基は一部変質している。球形～不定形の比較的大きい気泡の密集帯が緻密な部分と互層をなす。他のグループに比べ斑晶量が低い(平均 11%)。カンラン石斑晶は半自形～他形を呈し、斜長石斑晶は半自形を呈し、蜂の巣状構造(図版 2-9, 10)を示す。石基は中粒完晶質でインターグラニュラー組織を呈する。

#### (2) グループ A 2

層厚が 1～3 m の溶岩の互層からなり、各溶岩は上下にクリンカを伴う。一連の溶岩の層厚は 10～15 m である。各溶岩は球形の大きな気泡を多く含む(図版 2-8)。カンラン石斑晶は他のグループに比べモードが高く(平均 2.6%)、自形～半自形を呈し、半自形のものは反応縁に囲まれる場合が多い(図版 2-7)。反応縁に囲まれるカンラン石が認められる深度では、両輝石斑晶も反応縁をもつ傾向がある。斜長石斑晶は自形～半自形を呈し、全体に粗粒なものが多い。斜長石の組織は清澄で累帯構造をもつものが卓越するが、塵状帯を有するものも多

く含まれる。集合斑晶が多く認められる。石基は細粒完晶質でインターグラニューラー組織を呈するものと、細粒半晶質でインターサータル組織を呈するものがある。

### (3) グループ A 3

層厚が2~10 mの溶岩からなり、各溶岩は上下にクリンカを伴う。それぞれの溶岩の間は試料が欠如していることが多く、連続性は不明である。球形~不定形の小さな気泡を比較的多く含む。カンラン石斑晶は半自形~他形を呈する(図版 2-5)。斜長石斑晶は自形~半自形を呈し、塵状帯を有し累帯構造を示すものが多く(図版 2-6)、蜂の巣状構造を示すものも稀に認められる。石基は細粒完晶質でインターグラニューラー組織を呈する。

### (4) グループ A 4

層厚が1~6 mの溶岩からなり、各溶岩は上下にクリンカを伴う。それぞれの溶岩の間は試料が欠如していることが多く、連続性は不明である。球形の小さな気泡を少量含む。斑晶量は変化に富み、全体としてはやや少ない(平均 21%)。カンラン石斑晶は半自形を呈し、反応縁に囲まれる場合がある。斜長石斑晶は自形~半自形を呈し清澄なものが多いが、蜂の巣状のものや塵状帯を有するものも認められる(図版 2-3, 4)。集合斑晶もしばしば認められる。石基は細粒完晶質でインターグラニューラー組織を呈するものと、細粒半晶質でインターサータル組織を呈するものがある。

### (5) グループ A 5

層厚が2~10 mの溶岩からなり、各溶岩は上下にクリンカを伴う。それぞれの溶岩の間は試料が欠如していることが多く、連続性は不明である。球形~不定形の小さな気泡を比較的多く含む。他のグループに比べ斑晶量が多い(平均 43%)。カンラン石斑晶は半自形~他形を呈し、反応縁に囲まれる。両輝石も反応縁に囲まれる(図版 2-2)。斜長石斑晶は自形~半自形を呈し、清澄で“patchy-zoning”を示すものが卓越するが(図版 2-1)、塵状帯を有するものも多い。集合斑晶もしばしば認められる。石基は細粒完晶質でインターグラニューラー組織を呈する。

## 5.4 記載岩石学的特徴に基づく層序

今回のボーリングコアは地下 200 m まで掘削されており、これまでの北麓でのボーリング結果(Tsuya, 1962)や地質調査結果(津屋, 1971)などから判断すると、新富士火山及び古富士火山の溶岩が採取された可能性が高い。津屋(1971)によれば、古富士火山末期の溶岩と新富士火山初期の旧期溶岩とは記載岩石学的特徴が異なる。すなわち、前者は5 mm以上の粗粒な斜長石斑晶を含まず、比較粗粒なカンラン石斑晶を含むのに対し、後者は粗粒な斜長石斑晶を含む。この相違点を基に分類すると、今回採取されたボーリングコアではグループ A 1 が古富士火山の溶岩にあたり、グループ A 2 が新富士火山の旧期溶岩に相当する。なお、グループ A 1 の溶岩は上部の礫状部分を除けば顕著な変質は認められず、上部の礫状部分にも顕著な風化面は認められない。

一方、表層の地質調査から、本ボーリング地点には新富士火山の新期溶岩は分布しないことが判っているため、グループ A 3～A 5 は新富士火山の旧期溶岩か中期溶岩かのいずれかに相当する。津屋 (1971) の研究によれば、旧期溶岩と中期溶岩とは 5 mm 以上の粗粒な斜長石斑晶を含むか否かで区分される。グループ A 4 には稀に粗粒な斜長石斑晶も含まれるが、平均的にはグループ A 3～A 5 はともに斜長石は 5 mm 以下の細粒ないし中粒で、斜長石の大きさのみから判断するといずれも中期溶岩に区分される。

また、旧期溶岩と考えられるグループ A 2 と中期溶岩と考えられるグループ A 3～5 とでは含まれる斑晶の形態や組織も異なる。例えば、グループ A 2 では自形～半自形のカンラン石斑晶がしばしば認められるが、A 3～A 5 では自形のカンラン石はほとんど認められない。また、グループ A 2 では清澄なものと塵状帯を有する斜長石が共存するのに対し、グループ A 3, A 4 では清澄な斜長石あるいは塵状帯を有する斜長石のどちらかが卓越して含まれる傾向がある (表 1)。

一方、斑晶のモード組成 (表 2) をみると、グループ A 2 と A 3～A 5 の溶岩の多くはカンラン石と両輝石の双方を持つ。このうち、カンラン石のモードはグループ A 2 が約 1～4% (平均 2.6%) であるのに対し、グループ A 3～A 5 は 1～2% (平均 1.3%) である。また、有色鉱物全体 (カンラン石+両輝石) に占めるカンラン石の割合はグループ A 2 が 0.4～1.0 であるのに対し、グループ A 3 が 0.5～1.0, A 4 が 0.4～1.0, A 5 が 0.2～0.4 であり、A 2～A 4 に比べ A 5 は両輝石の占める割合が大きい。ただし両輝石のモードは概して 1% 程度、ないしは 1% 以下と低いため、これらの値には大きな相対誤差が含まれる。

津屋 (1971) は、旧期溶岩の大多数はカンラン石玄武岩で、中期溶岩はカンラン石の他に両輝石の両方または一方を持つとした。今回の測定結果では両輝石のモードが低いため、いずれもカンラン石玄武岩となる。ただし、旧期溶岩の方が中期溶岩よりもカンラン石のモードが高いと考えられるため、カンラン石のモードから判断すると、旧期溶岩と中期溶岩の境界はグループ A 2 と A 3 の間に存在するとみられる。

現時点では中期溶岩と旧期溶岩の境界を明確に決定するための十分なデータは得られていないが、斑晶の大きさや形態、組織、カンラン石のモードなどを総合的に判断すると、グループ A 2 と A 3 の間に中期溶岩と旧期溶岩の境界が存在する可能性が高い。すなわち、今回のボーリングコアのうち、地表から 196 m までは新富士火山の噴出物で、そのうち深度 7～95 m (グループ A 5, 4, 3) までは中期溶岩、深度 160～196 m (グループ A 2) までは旧期溶岩である可能性が高い。なお、深度 95～160 m 間の層位は試料が欠落しているため不明である。そして、深度 196～201 m (グループ A 1) の溶岩は古富士火山末期の噴出物と考えられる。

このような層位区分に立つと、新富士火山の旧期溶岩と中期溶岩は物理的性質が異なる。旧期溶岩 (グループ A 2) は多数の薄い溶岩流が短期間に堆積し、全体として大きな層厚をなしている。また、球形の大きな気泡を有することから、これらの溶岩流の流下時の粘性は比

較的小さかったと思われる。これに対し、中期溶岩（グループ A 3～A 5）は比較的厚い少数の溶岩からなり、球形～不定形の小さな気泡を有することから、粘性は比較的大きかったと思われる。

## 6. 全岩化学組成

### 6.1 分析方法

ボーリングコアより採取した 19 試料（図 2 参照）について全岩化学組成（主成分および微量元素成分）を地質調査所の蛍光 X 線分析装置（フィリップス PW 1404）を用いて測定した。主成分元素の分析法は Togashi (1989) に従った。ボーリングコアから採取した試料は粉碎・調整して粉末試料とし、四ホウ酸リチウムで 1:10 に希釈して混合し、これを自動高周波炉を用いてガラスビードとして分析に供した。測定には Sc/Mo デュアルアノード管球を用い、40 kV-75 mA の条件で測定し、de Jongh (1973) の方法で質量吸収補正を行った。また微量元素の分析法は Ujiie and Togashi (1992) および Ujiie et al. (1993) に従った。ボーリングコアから採取した試料を粉碎・調整して試料粉末（3 g）とし、これをバインダーを用いずホウ酸で覆って加圧成型して分析に供した。測定には Sc/Mo デュアルアノード管球を用い、Rb, Sr, Y, Zr については 90 kV-30 mA で測定し、 $\text{MoK}\alpha$  のコンプトン散乱線による質量吸収補正を、Ba については 90 kV-30 mA で測定し、 $\text{MoK}\alpha$  線による質量吸収補正を行った。また、V, Ni, Cr については 60 kV, 50 mA で測定し、 $\text{MoK}\alpha$  コンプトンおよび  $\text{FeK}\alpha$  による質量吸収補正を行なった。

### 6.2 分析結果

全岩主成分分析の結果を表 3 に示す。分析値は 10 元素に関して無水 100% に再計算してある。SiO<sub>2</sub> 変化図を図 4 に、FeO\*/MgO 変化図を図 5 に示す。また、全岩微量元素分析の結果を表 3 に示す。Y 変化図を図 6 に、FeO\*/MgO 変化図を図 7 に示す。また図 8 に深度別化学組成を示す。

#### (1) グループ A 1 （試料 N）

全体に FeO\*, Na<sub>2</sub>O, MnO, TiO<sub>2</sub> に乏しく Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO に富む。FeO\*/MgO は 1.8～1.9 と小さい。K<sub>2</sub>O は 0.6 wt% 程度、Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O は 3.1～3.2 とやや小さい。Y, Rb, Ba, Sr, Zr に乏しく、Cr, Ni に富む。また、Rb/Y 比が低い。

#### (2) グループ A 2 （試料 M～J）

全体に FeO\*, MgO, MnO, TiO<sub>2</sub> に富み、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に乏しい。FeO\*/MgO は 1.9～2.0 とやや大きい。K<sub>2</sub>O は 0.7 wt% 程度、Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O は 3.1～3.4 とやや小さい。グループ A 1 より Y, Rb, Ba, Zr にやや富み、Cr はやや乏しく Ni は同程度である。Ba/Y 比、Zr/Y 比はグループ A 1 と同じトレンド上にあるが、Rb/Y 比はグループ A 1 よりやや高い。

表 3 全岩化学組成 (主成分・微量成分)

Table 3. Whole-rock chemical composition of borehole core samples (recalculated to 100% with water free). FeO\* : total irons as FeO.

| Group         |       | A5    |       | A4    |       |       | A3    |       |       | A2    |       |        |        |        | A1     |        |        |       |        |        |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Sample        | A     | B     |       | C2    | D     | E1    | F     | G2    | G1    | H     | I     | J2     | K2     | K1     | L      | M3     | M1     | N3    | N2     | N1     |
| Depth(m)      | 25.25 | 37.50 |       | 48.10 | 55.70 | 61.10 | 68.50 | 74.95 | 78.30 | 90.30 | 94.30 | 161.40 | 173.60 | 180.33 | 186.60 | 188.60 | 194.30 | 196.3 | 198.00 | 200.80 |
| Major element |       |       | (wt%) |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |       |        |        |
| SiO2          | 51.62 | 51.46 |       | 51.51 | 51.64 | 51.67 | 49.76 | 50.98 | 51.11 | 51.24 | 51.01 | 50.50  | 50.37  | 50.27  | 50.54  | 50.48  | 50.45  | 50.71 | 50.64  | 50.56  |
| TiO2          | 1.37  | 1.38  |       | 1.66  | 1.68  | 1.69  | 1.53  | 1.40  | 1.41  | 1.37  | 1.53  | 1.45   | 1.48   | 1.48   | 1.48   | 1.47   | 1.47   | 1.31  | 1.29   | 1.27   |
| Al2O3         | 17.40 | 17.39 |       | 16.93 | 17.18 | 17.39 | 18.12 | 16.97 | 16.96 | 17.24 | 17.01 | 16.64  | 16.89  | 16.75  | 16.58  | 16.56  | 16.46  | 17.50 | 17.50  | 17.55  |
| FeO*          | 10.77 | 10.82 |       | 11.61 | 11.07 | 10.87 | 11.24 | 10.98 | 11.01 | 10.86 | 11.27 | 11.60  | 11.60  | 11.64  | 11.59  | 11.54  | 11.61  | 10.50 | 10.50  | 10.40  |
| MnO           | 0.17  | 0.17  |       | 0.18  | 0.17  | 0.17  | 0.17  | 0.17  | 0.17  | 0.17  | 0.17  | 0.18   | 0.18   | 0.18   | 0.18   | 0.18   | 0.18   | 0.16  | 0.16   | 0.16   |
| MgO           | 5.07  | 4.97  |       | 4.64  | 4.32  | 4.24  | 4.78  | 5.80  | 5.90  | 5.65  | 5.40  | 5.77   | 5.74   | 5.76   | 5.96   | 5.95   | 5.88   | 5.62  | 5.57   | 5.71   |
| CaO           | 9.93  | 10.11 |       | 9.70  | 9.68  | 9.71  | 10.55 | 9.84  | 9.77  | 9.81  | 9.88  | 10.27  | 10.39  | 10.36  | 10.25  | 10.35  | 10.27  | 10.80 | 10.86  | 10.88  |
| Na2O          | 2.65  | 2.69  |       | 2.54  | 2.89  | 2.88  | 2.82  | 2.83  | 2.62  | 2.71  | 2.59  | 2.60   | 2.35   | 2.56   | 2.44   | 2.47   | 2.69   | 2.51  | 2.62   | 2.61   |
| K2O           | 0.73  | 0.73  |       | 0.87  | 0.97  | 0.99  | 0.74  | 0.76  | 0.78  | 0.75  | 0.79  | 0.72   | 0.72   | 0.74   | 0.71   | 0.70   | 0.72   | 0.63  | 0.62   | 0.61   |
| P2O5          | 0.28  | 0.27  |       | 0.34  | 0.40  | 0.39  | 0.29  | 0.28  | 0.27  | 0.20  | 0.33  | 0.28   | 0.28   | 0.27   | 0.27   | 0.29   | 0.27   | 0.24  | 0.24   | 0.24   |
| Total         | 100   | 100   |       | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100   | 100    | 100    |
| FeO*/MgO      | 2.12  | 2.18  |       | 2.50  | 2.57  | 2.56  | 2.35  | 1.89  | 1.87  | 1.92  | 2.09  | 2.01   | 2.02   | 2.02   | 1.95   | 1.94   | 1.97   | 1.87  | 1.88   | 1.82   |
| Na2O+K2O      | 3.38  | 3.42  |       | 3.42  | 3.86  | 3.88  | 3.56  | 3.59  | 3.40  | 3.46  | 3.39  | 3.32   | 3.06   | 3.29   | 3.15   | 3.18   | 3.40   | 3.14  | 3.25   | 3.22   |
| Minor element |       |       | (ppm) |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |       |        |        |
| Zr            | 87    | 87    |       | 109   | 123   | 115   | 87    | 85    | 84    | 83    | 95    | 84     | 83     | 89     | 87     | 83     | 87     | 77    | 74     | 69     |
| Y             | 25.8  | 26.5  |       | 33.0  | 32.5  | 32.0  | 30.0  | 25.9  | 25.1  | 25.9  | 28.8  | 27.0   | 27.6   | 28.5   | 26.4   | 27.7   | 29.1   | 23.4  | 23.4   | 22.9   |
| Sr            | 399   | 406   |       | 394   | 360   | 397   | 400   | 401   | 399   | 405   | 405   | 370    | 376    | 372    | 363    | 364    | 364    | 367   | 366    | 371    |
| Rb            | 12.5  | 12.4  |       | 15.7  | 20.1  | 18.8  | 12.7  | 13.5  | 13.2  | 12.2  | 12.6  | 12.3   | 13.8   | 13.7   | 13.1   | 11.6   | 12.6   | 10.6  | 10.5   | 9.8    |
| Ba            | 215   | 203   |       | 248   | 278   | 285   | 224   | 207   | 204   | 208   | 237   | 208    | 201    | 222    | 217    | 202    | 218    | 180   | 194    | 187    |
| Ni            | 24    | 26    |       | 24    | 26    | 26    | 37    | 44    | 44    | 43    | 39    | 46     | 44     | 45     | 48     | 44     | 42     | 47    | 44     | 45     |
| V             | 383   | 388   |       | 453   | 400   | 353   | 440   | 385   | 412   | 368   | 434   | 399    | 414    | 427    | 393    | 401    | 426    | 381   | 381    | 390    |
| Cr            | 32    | 40    |       | 29    | 33    | 40    | 51    | 59    | 66    | 60    | 52    | 90     | 81     | 89     | 83     | 83     | 95     | 116   | 109    | 108    |
| Zr/Y          | 3.4   | 3.3   |       | 3.3   | 3.8   | 3.6   | 2.9   | 3.3   | 3.3   | 3.2   | 3.3   | 3.1    | 3.0    | 3.1    | 3.3    | 3.0    | 3.0    | 3.3   | 3.2    | 3.0    |
| Ba/Y          | 8.3   | 7.7   |       | 7.5   | 8.6   | 8.9   | 7.5   | 8.0   | 8.1   | 8.0   | 8.2   | 7.7    | 7.3    | 7.8    | 8.2    | 7.3    | 7.5    | 7.7   | 8.3    | 8.2    |
| Sr/Y          | 15.5  | 15.3  |       | 11.9  | 11.1  | 12.4  | 13.3  | 15.5  | 15.9  | 15.6  | 14.1  | 13.7   | 13.6   | 13.1   | 13.8   | 13.1   | 12.5   | 15.7  | 15.6   | 16.2   |
| Rb/Y          | 0.5   | 0.5   |       | 0.5   | 0.6   | 0.6   | 0.4   | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.4   | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.4    | 0.4    | 0.5   | 0.4    | 0.4    |

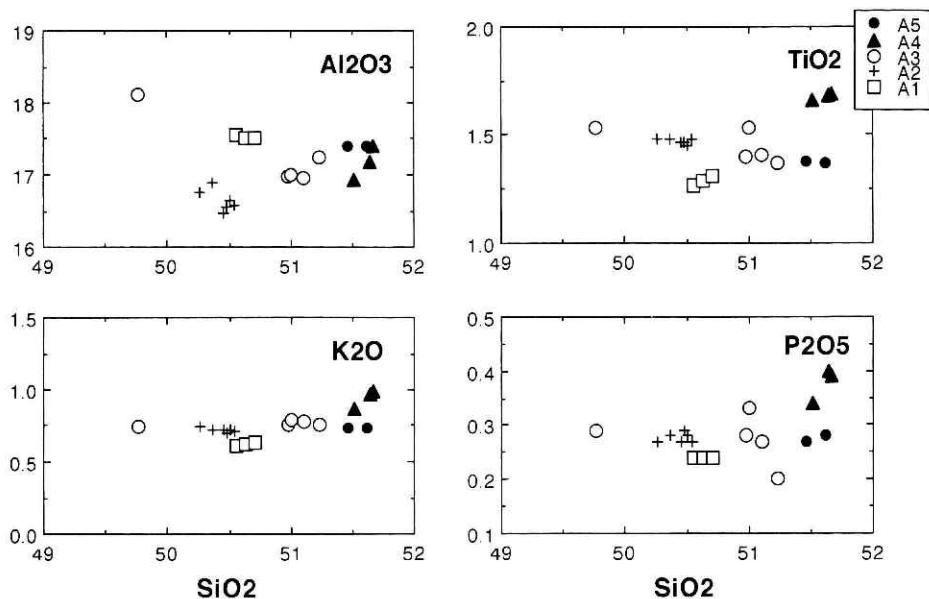


図4 SiO<sub>2</sub> 変化図 (主成分)

Fig. 4 Whole-rock SiO<sub>2</sub> variation diagrams of borehole core samples.

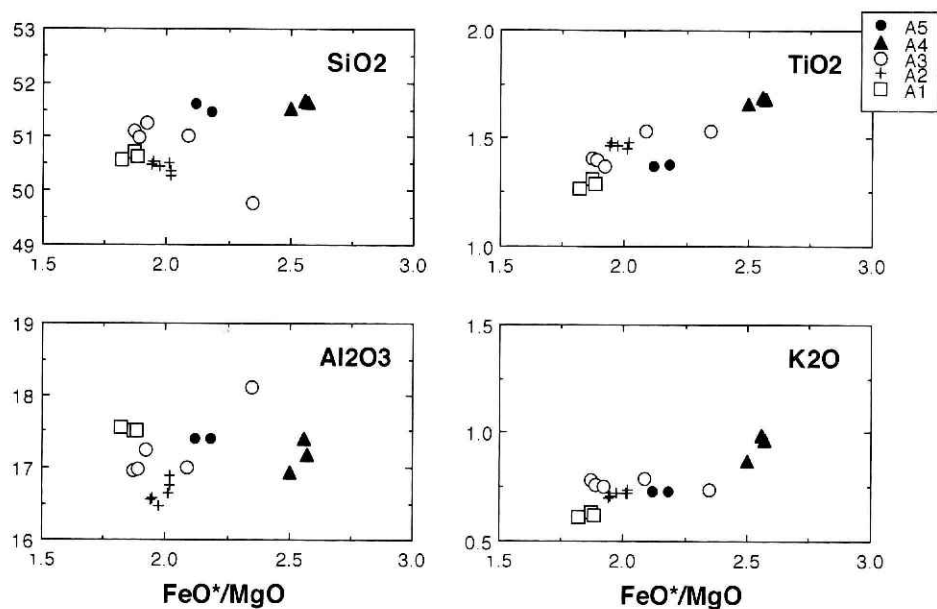


図5 FeO\*/MgO 変化図

Fig. 5 FeO\*/MgO variation diagrams of borehole core samples.

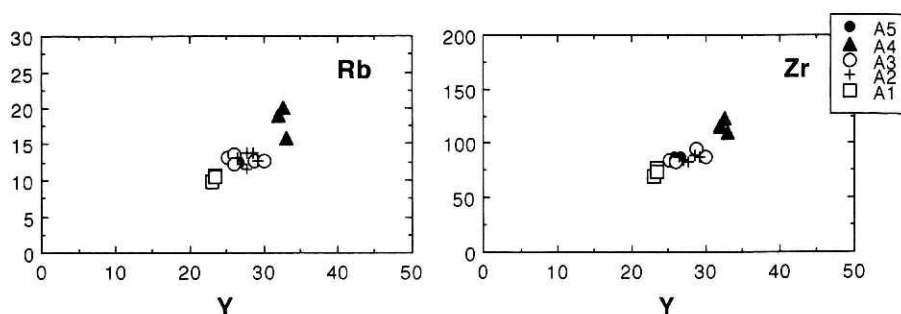


図 6 Y 変化図 (微量成分)

Fig. 6 Diagrams showing the ratios of trace elements (in ppm.) of borehole core samples.

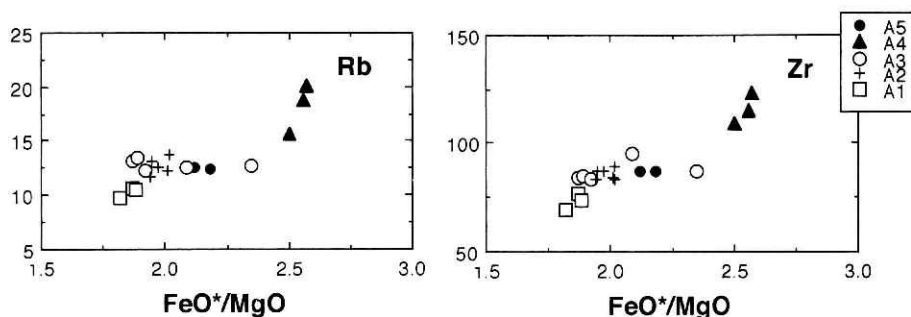


図 7  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  変化図 (微量成分)

Fig. 7  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  variation diagrams of trace elements (in ppm.) of borehole core samples.

### (3) グループ A 3 (試料 I~F)

全体に  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  に乏しく, 化学組成の多様性が大きい. また, グループ A 2 に比べると  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  に富み  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{MgO}$  に乏しい.  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  は 1.9~2.6 と大きい.

$\text{K}_2\text{O}$  は 0.7 wt%,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  は 3.4~3.6 wt% と大きい. グループ A 1 より Y, Rb, Ba, Zr にやや富み, Cr, Ni は乏しい. Ba/Y 比, Zr/Y 比はグループ A 1 と同じトレンド上にあるが, Rb/Y 比はグループ A 1 より高い.

### (4) グループ A 4 (試料 E~C)

全体に  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$  に乏しく  $\text{TiO}_2$  に富む. グループ A 2 に比べて  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  に富み  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{MgO}$  に乏しい.  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  は 2.5~2.6 と大きい.  $\text{K}_2\text{O}$  は 0.9~1.0 wt%,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  は 3.4~3.9 wt% と大きい. Y, Rb, Ba, Zr に富み, Cr, Ni に乏しい. また, 他のグループに比べ Rb/Y 比, Ba/Y 比, Zr/Y 比がやや高い.

(5) グループ A 5 (試料 B~A)

グループ A 2 に比べると  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  に富み  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{MgO}$  に乏しい.  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  は 2.1~2.2,  $\text{K}_2\text{O}$  は 0.7 wt%,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  は 3.4 wt% 前後である. Y, Rb, Ba, Zr はグループ A 3 と同程度だが, Ni が 24~26, Cr が 32~40 と低い.

(6) グループ A 1~A 5 の化学組成の変化

$\text{FeO}^*/\text{MgO}$  から判断すると, グループ A 1 が最も分化の程度が低く, A 2 はこれよりも若干分化の程度が高い. さらにその上位のグループ A 3 には分化の程度の高いものと低いものが含まれる.  $\text{K}_2\text{O}$  もグループ A 1~A 4 の順で高くなる. ただし, グループ A 1 と A 2 の間で  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  や  $\text{K}_2\text{O}$  の値が大きく変化することはない (図 8).

これまでの研究から, 古富士火山の末期の噴出物は, 新富士火山の初期の旧期溶岩と古富士火山の主要部との中間の化学組成を示すことが知られている (富樫ほか, 1991; 高橋ほか, 1991). 例えば古富士火山の噴出物の中でも 22000 年前以前のもものは  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  が 1.5~2.0,  $\text{K}_2\text{O}$  が 0.4~0.6 であるのに対し, 22000~11000 年前のもものは  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  が 1.8~2.3,  $\text{K}_2\text{O}$  が 0.5~0.8 といずれもやや高い (高橋ほか, 1991). このため, グループ A 1 が古富士火山末期の噴出物であるとする, 今回の分析結果は従来の結果と矛盾しない.

グループ A 3~A 5 には A 2 よりも  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  が大きいものが多いことから, 中期溶岩は全体に旧期溶岩よりも分化が進んでいたと考えられる. 特にグループ A 4 の  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  は他の中期溶岩よりも高い. 高橋ほか (1991) は 2000 年前以降の側噴火の噴出物の検討から, 噴火地点の高度が低く, 中心火道から遠いほど分化が進み,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  は大きくなるとした. この結果に基づけば, 少なくともグループ A 4 の溶岩は側噴火の噴出物である可能性が高い.

グループ A 1 は Rb, Y 及び  $\text{Rb}/\text{Y}$  が低く, グループ A 2~A 5 は Rb, Y,  $\text{Rb}/\text{Y}$  が高い. 前者は富樫・山崎 (1989) によって示された古富士火山の噴出物のトレンドにのり, 後者は新富士火山の噴出物のトレンドにのる. 従って, それぞれ古富士火山および新富士火山の噴出物と考えて矛盾しない. Zr, Y, Rb 等の元素は分配係数が小さく (Gill, 1978),  $\text{Zr}/\text{Y}$  比や  $\text{Rb}/\text{Y}$  比はカンラン石, 輝石, 斜長石, 磁鉄鉱等の鉱物の分別結晶作用によっても変化しないと考えられている (Pearce & Norry, 1979). また部分溶融の程度の大きいソレアイトでは, スピネルレールゾライトマン틀の部分溶融によっても  $\text{Zr}/\text{Y}$  比や  $\text{Rb}/\text{Y}$  比の変化は小さい (Pearce & Norry, 1979). 富士火山において古富士火山の噴出物と新富士火山の噴出物で  $\text{Zr}/\text{Y}$ ,  $\text{Rb}/\text{Y}$  比が異なることは, それぞれのマグマをもたらした原岩に多様性があったことを示唆する (富樫・山崎, 1989). 今回得られたボーリングコアの分析結果にも深度によって  $\text{Zr}/\text{Y}$  比や  $\text{Rb}/\text{Y}$  比に違いが認められるので, そのような原岩の多様性を反映しているのかも知れない.



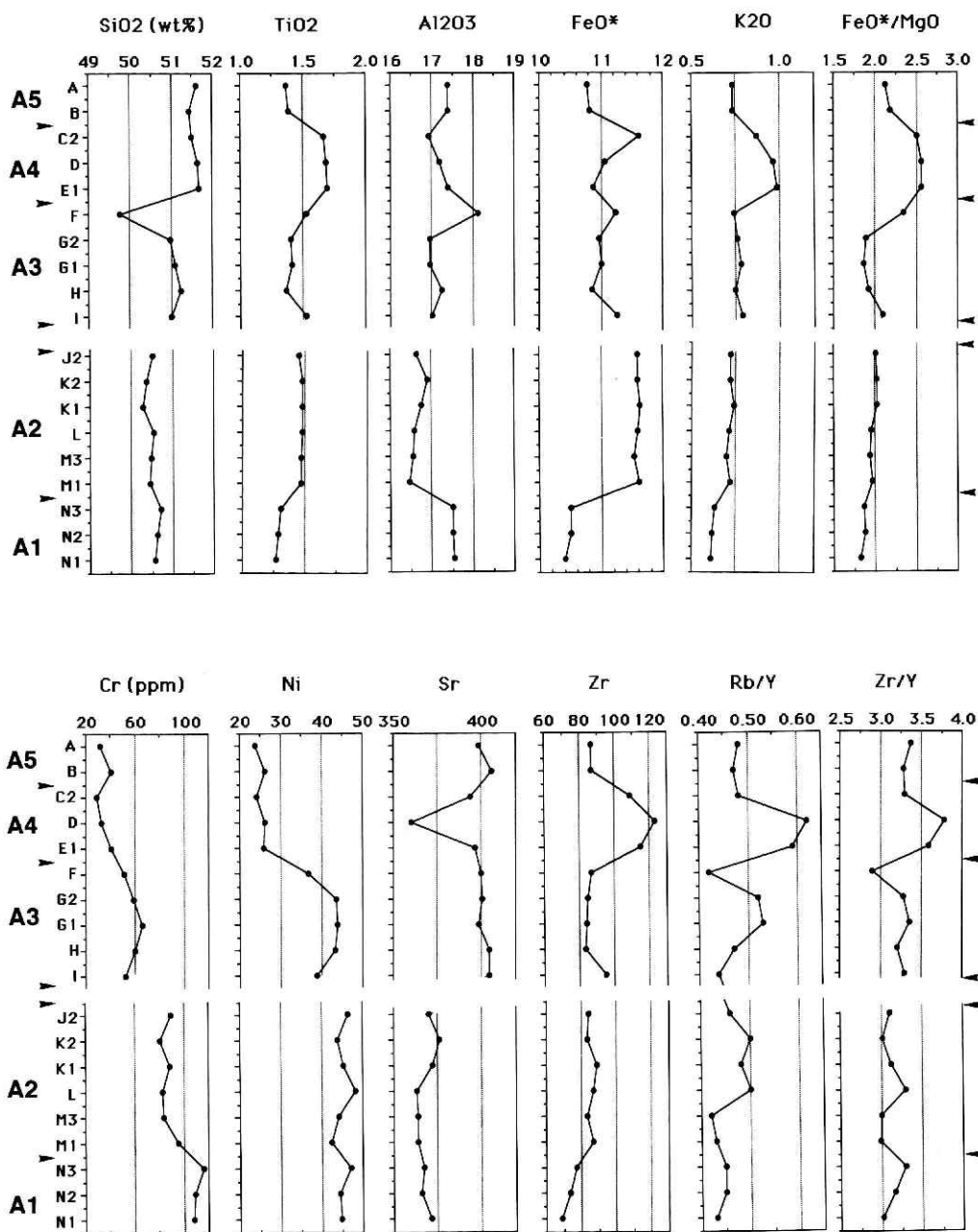


図 8 深度別化学組成

Fig. 8 Vertical variation of whole-rock chemistry of borehole core samples.

## 7. 他地点のボーリング結果との比較

本調査地点の東方の鳴沢村地内の標高 1,000 m 地点では、農林省農地局によりボーリング（鳴沢ボーリング No. 11）が行なわれており、Tsuya (1962) はこの時のボーリング試料の岩石学的記載を行い層序を決定している。それによると、鳴沢ボーリング No. 11 の地点には土壌層、火山砂層、火山角礫層を挟む複数の新富士火山の溶岩が堆積し、その全層厚は 65 m である。さらにその下位には古富士火山の火山角礫層や溶岩が 80 m 以上の厚さで堆積している。このうち、表層の火山砂層は周辺のテフラ層序から大室スコリア層と考えられる。また、その下位の新富士火山の溶岩は、Tsuya (1962) によりいずれも旧期溶岩に対比されている。

先に述べた通り、本論の調査地点には 195 m の厚さの新富士火山の噴出物が堆積している。この層厚は鳴沢ボーリング No. 11 の新富士火山の噴出物の層厚よりも 130 m 大きい。これは A3~A5 を中期溶岩と見なすと、本地点には 90 m 以上の厚さの中期溶岩が存在するためである。本調査地点は富士山の北西—南東方向の側火山列上に位置することや、岩石化学的特徴から側火山起源と考えられるものが含まれていることから、本地点の中期溶岩の一部ないし多くは北西斜面の側火山に由来する可能性が高い。

## 8. 各時期のマグマの性質の比較

以上に示したように、本調査地点では新富士火山の旧期溶岩と中期溶岩および古富士火山末期の溶岩に対応すると考えられるコア試料が得られた。新富士火山の旧期溶岩と中期溶岩の境界は必ずしも明確ではないが、ここではグループ A2 と A3 の間に両者の境界があると考え、以下に各時期のマグマの性質についてまとめ、3 つの時期の比較を行なう。各時期の溶岩の性質の比較図を図 9 に示す。

### 8.1 古富士火山末期の溶岩

カンラン石斑晶はやや粗粒で、半自形ないし他形であるが反応縁はもたない。斜長石斑晶は細粒で蜂の巣状構造を示す。 $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  が低く、他のグループに比べ最も未分化である。また Rb, Ba, Y, Zr 等のインコンパティブル元素に乏しく、Rb/Y も小さい一方、Ni, Cr 等のコンパティブル元素に富む。

### 8.2 新富士火山の旧期溶岩

カンラン石はモードが高く、半自形で反応縁に取り囲まれるものが多い。カンラン石が反応縁をもつ試料では両輝石も反応縁に囲まれる傾向がある。斜長石は平均、最大径ともに大きく、全体に粗粒である。斜長石の組織は、清澄なものと塵状帯を有するものが共存する傾向がある。 $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  は古富士火山末期の溶岩よりやや高く、新富士火山の中期溶岩よりやや低い。 $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  や Rb, Ba, Y, Zr 等のインコンパティブル元素の濃度は古富士火山末期の溶岩や新富士火山の中期溶岩の間である。

|                    |                                    | A1           | A2                     | A3-A5             |
|--------------------|------------------------------------|--------------|------------------------|-------------------|
| <b>Petrography</b> |                                    |              |                        |                   |
|                    | <b>Olivine</b>                     |              |                        |                   |
|                    | mode(Vol%)                         | 0.6-0.8      | 0.7-3.5                | 0.7-2.3           |
|                    | size (max. in mm)                  | 1.5 av.      | 0.8                    | 1                 |
|                    | reaction rim                       | absent       | present > absent       | present or absent |
|                    | <b>Pyroxene</b>                    |              |                        |                   |
|                    | mode (vol%)                        |              |                        |                   |
|                    | cpx                                | 0.0-0.2      | 0.0-1.6                | 0.0-1.0           |
|                    | opx                                | 0            | 0.0-1.8                | 0.0-2.5           |
|                    | <b>Plagioclase</b>                 |              |                        |                   |
|                    | mode(Vol%)                         | 7.6-15.2     | 16.1-25.5              | 11.4-41.0         |
|                    | size (av., max. in mm)             | 2.5, 3.2     | 4.0, 7.0               | 1.0, 10.0         |
|                    | texture                            | honey-combed | clear and dusty (both) | clear or dusty    |
| <b>Chemistry</b>   |                                    |              |                        |                   |
|                    | compositional range                | small        | small                  | large             |
|                    | FeO*/MgO                           | 1.82-1.87    | 1.9-2.0                | 1.9-2.6           |
|                    | K <sub>2</sub> O wt%               | 0.6          | 0.7                    | 0.7-1.0           |
|                    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt% | 17.5-17.55   | 16.46-16.89            | 16.93-18.12       |
|                    | compatible elements                |              |                        |                   |
|                    | Rb, K, Ba, Y, Zr, Ti               | low          | middle                 | high              |
|                    | incompatible elements              |              |                        |                   |
|                    | Ni, Cr                             | high         | middle                 | low               |

図 9 各時期の溶岩の比較図

Fig. 9 Comparison of petrological characteristics of each stage lava.

### 8.3 新富士火山の中期溶岩

斜長石には 1 cm におよぶ粗粒なものが含まれることもあるが、全体には細粒なものが多い。多くの場合カンラン石と斜長石の組織は、カンラン石に反応縁がある場合は斜長石は清澄であり、カンラン石に反応縁がない場合は斜長石は塵状帯を有するといった関係がみられる。また、カンラン石に反応縁がある場合は、両輝石にも反応縁がある傾向がある。FeO\*/MgO は古富士火山末期の溶岩や新富士火山の旧期溶岩に比べて最も高く、最も分化している。また K<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub> や Rb, Ba, Y, Zr 等のインコンパティブル元素に富む。全体に組成幅が広く、この時期には多様なマグマが噴出したものとみられる。特に、深度 45~65 m の溶岩（グループ A 4）は、FeO\*/MgO が高く、K<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> や Rb, Ba, Y, Zr 等のインコンパティブル元素に富む。またこの深度では斑晶量が低い（平均 21%）。これらの性質より、この深度では、分化した液相濃集元素に富み、かつ斑晶量の少ないマグマが噴出したと考えられる。

### 8.4 古富士火山と新富士火山のマグマの化学組成

以上のように、今回得られたコア試料についてみると、古富士火山末期の溶岩は、新富士

火山の旧期および中期溶岩に比べ、未分化な組成を示す。一方、新富士火山の中期溶岩は多様な記載岩石学的性質や化学組成を示すが、全体に他の二者に比べ分化している。

図 10 に全岩の  $K_2O$  量と斑晶量 (石基量) の関係を示す。図中の直線は富樫ほか (1991) によって示された、新富士火山旧期溶岩の無斑晶岩の  $K_2O$  量と原点を結んだ線である。この図より、A1~A3 はそれぞれ直線的なトレンドを形成することが示される。また、A4 と A5 はほぼ同一のトレンド上にのるとみられるので、石基部分の分化の程度はほぼ同じであると考えられる。これらより、全体に時間とともに  $K_2O$  量のレベルが増加する方向に変化していることが示唆される。また A5 より A4 の方が斑晶量が低く液成分に富むことから、新富士火山の中期溶岩では A5 の時期に A4 比べ相対的に斑晶に富むマグマが噴出したものと考えられる。

高橋ほか (1991) は、テフラの化学組成の検討から 8000~2000 年前の噴出物は  $Rb/Y$  は 0.3~0.4 と低く古富士火山系のマグマの影響を強く受けているが、11000~8000 年前や 2000 年前以降の側噴火の噴出物では  $Rb/Y$  が 0.4~0.5 と高く新富士火山系のマグマの影響を強く受けているとした。ところが、4500~3000 年前の中期溶岩を含むグループ A3~A5 の  $Rb/Y$  は 0.4~0.6 と高く、このことは 7000 年前の噴出物と考えられる幕岩に露出するテフラ (宮地, 1988 の I-8) の化学組成 (Miyaji et al., 1992) が  $K_2O$  に乏しくないことも考えあわせると、8000~2000 年前の噴出物は  $Rb/Y$  や  $K_2O$  が低いとする高橋ほか (1991) の結果と異なる。このような相違は中期溶岩や側噴火のテフラの化学組成に関するデータがまだ十分に蓄積されていないためと考えられる。4500~3000 年前には中心噴火と同時に側噴火が起きたが (宮地, 1988), グループ A3~A5 の  $Rb/Y$  比から考えると、中期溶岩の時期に噴出したマグマは新富士火山系のマグマの影響を強く受けている可能性が高い。

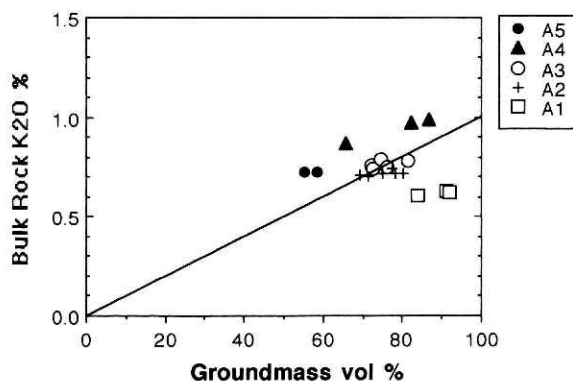


図10 全岩の  $K_2O$  量と石基の関係

Fig. 10 Bulk-rock  $K_2O$  vs. groundmass vol% diagram. Symbols are the same Fig. 3.

## 9. ま と め

富士山北西麓の鳴沢で防災科学技術研究所により観測井設置のため行なわれた 200 m ボーリングで得られたコアの岩相, 記載岩石学的特徴ならびに全岩化学組成を調べ, 以下の結論を得た.

1) 得られた試料は記載岩石学的特徴よりグループ A 1~A 5 に区分される. 既存の資料をもとに各グループの特徴を検討した結果, 地表から 196 m までは新富士火山の噴出物で, 深度 196~201 m の溶岩 (グループ A 1) は古富士火山末期の噴出物と考えられる. 新富士火山の溶岩のうち中期溶岩と旧期溶岩の境界は明確ではないが, 岩相上, 深度 7~95 m まで (グループ A 3, A 4, A 5) が中期溶岩, 深度 160~196 m まで (グループ A 2) が旧期溶岩である可能性が高い. なお, 深度 95~160 m までは試料が得られておらず, 層位は不明である.

2)  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  から判断すると, 分化の程度は古富士火山末期の溶岩から新富士火山の中期溶岩に向かうにつれ次第に高くなる. また, 同程度の  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  に対する  $\text{K}_2\text{O}$  含有量も古富士火山末期の噴出物, 新富士火山の旧期溶岩, 中期溶岩の順に高くなる.

3) 全岩微量成分を検討した結果, 古富士火山末期の噴出物はインコンパティブル元素に乏しく  $\text{Rb}/\text{Y}$  は小さいが, 新富士火山の特に中期溶岩ではインコンパティブル元素に富み  $\text{Rb}/\text{Y}$  も大きかった. また, グループ A 4 は他の新富士火山の噴出物に比べてやや異なる  $\text{Rb}/\text{Y}$ ,  $\text{Zr}/\text{Y}$  比を持つことから, 中期溶岩の噴出時の間にも, わずかに原岩の異なるマグマが噴出した可能性がある.

4) 本調査地点には少なくとも 90 m 以上の層厚を有する複数の厚い中期溶岩が分布する. 本地点は富士山の北西-南東方向の側火山列上に位置することや岩石学的特徴から, これらの溶岩の一部ないし多くは北西斜面の側火山に由来する可能性が高い.

## 謝 辞

広島大学総合科学部の佐藤博明, アジア航測(株)の千葉達朗の両氏には有益なご意見を頂いた. 深く感謝いたします.

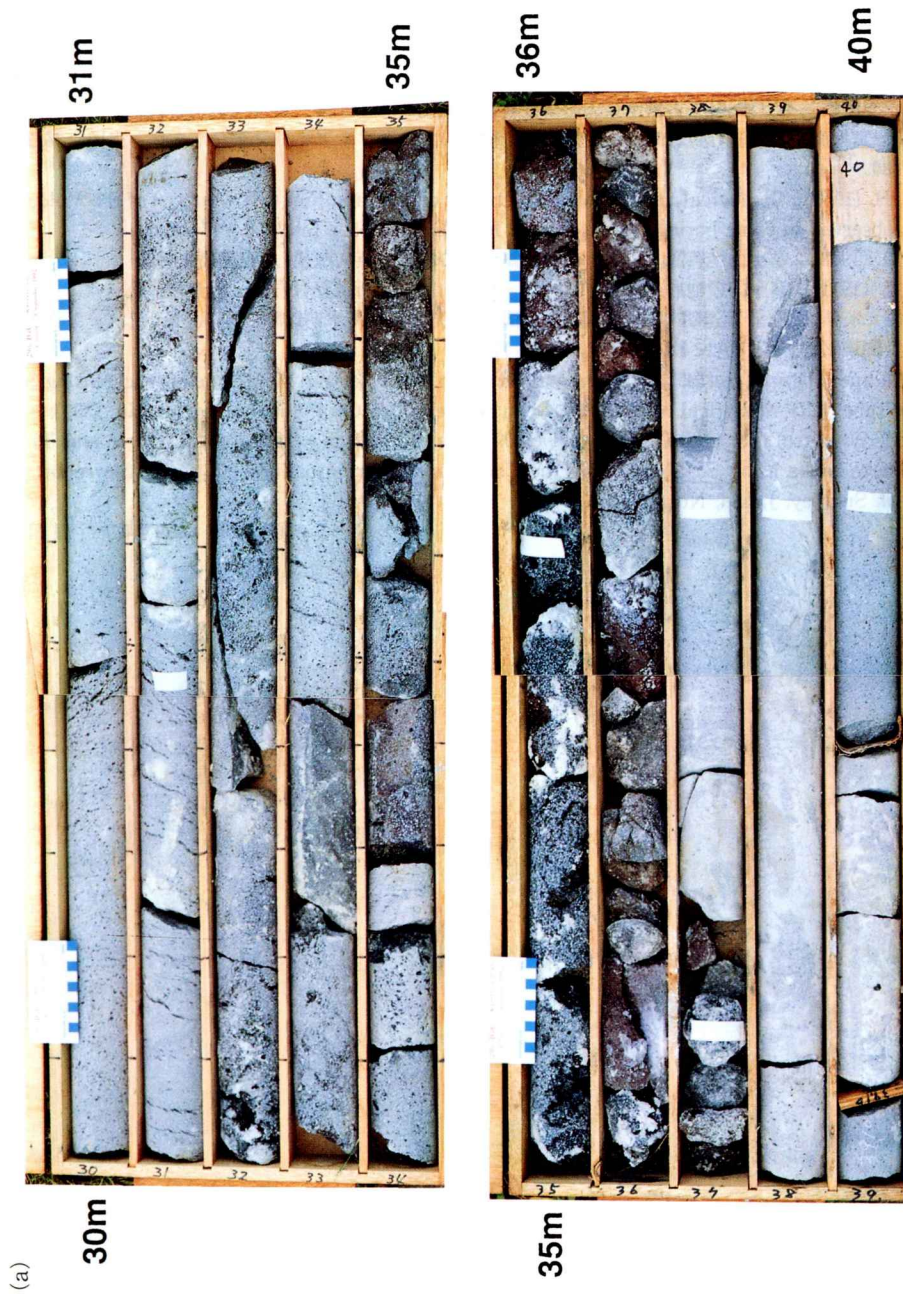
## 参考文献

- 1) Gill J.B. (1978): Role of trace element partition coefficients in models of andesite genesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, Vol. 42, P. 709~724.
- 2) de Jongh, W. K. (1973): X-ray fluorescence analysis applying theoretical matrix corrections. *Amer. J. Sci.*, 269, 169~182.
- 3) 泉 浩二・木越邦彦・上杉 陽・遠藤邦彦・原田昌一・小島泰江・菊原和子 (1977): 富士山東麓の沖積世ローム層. 第四紀研究, 16, 87~90.
- 4) 町田 洋 (1964): Tephrochronology による富士火山とその周辺地域の発達史. (その 1, 2). 地学雑誌, 73, 293~308, 337~350.
- 5) 宮地直道 (1988): 新富士火山の活動史. 地質学雑誌, 94, 433~452.
- 6) Miyaji N., Endo K., Togashi S. and Uesugi Y. (1992): Tephrochronological history of Mt. Fuji. 29th

- IGC Field trip guidebook. Vol. 4, 75~109.
- 7) Pearce J.A. and M.J. Norry (1979): Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **69**, P. 33~47.
  - 8) 高橋正樹・長谷川有希絵・津久井雅志・根本靖彦 (1991): 富士火山におけるマグマ供給系の進化: 全岩化学組成の視点から. *火山*, **36**, 281~296.
  - 9) Togashi, S. (1989): Determination of major elements in igneous rock using Sc/Mo dual anode tube. XRF analytical report 1/89, Open-file report of Geol. Survey. Japan, No. **132**, 1~35.
  - 10) 富樫茂子・山崎晴雄 (1989): 古富士火山および新富士火山の微量元素. *日本火山学会要旨*, No. **1**, 49.
  - 11) 富樫茂子・宮地直道・山崎晴雄 (1991): 新富士火山初期の大きなソレライトマグマだまり. *火山*, **36**, 269~280.
  - 12) Tsuya, H. (1962): Geological and petrological studies of Volcano Fuji (VI), Geology of the Volcano as observed in some borings on its flanks. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **40**, 767~804.
  - 13) 津屋弘遠 (1968): 富士山地質図 (5 万分の 1), 富士山の地質 (英文概説). 地質調査所.
  - 14) 津屋弘遠 (1971): 富士山の地形・地質. 富士山—富士山総合学術調査報告書. 富士急行, 1~27.
  - 15) 上杉 陽・米澤 宏・千葉達朗・宮地直道・森 慎一 (1983): 最終氷期以降の関東平野, 1, テフラからみた関東平野. *URBAN KUBOTA*, **21**, 2~17.
  - 16) Ujiie, M. and Togashi, S. (1992): Determination of Rb, Sr, Y, Zr and Ba in igneous rocks using Sc/Mo tube. XRF analytical report 2/92, Open-file report of Geol. Survey. Japan, No. **183**, 1~25.
  - 17) Ujiie, M. Wakatsuki, S. and Togashi, S. (1993): Determination of Zn, Cu, Ni, Cr, V and Ti in igneous rocks using Sc/Mo tube by the Compton scattering calibration. Open-file report of Geol. Survey. Japan, No. **198**, 1~26.

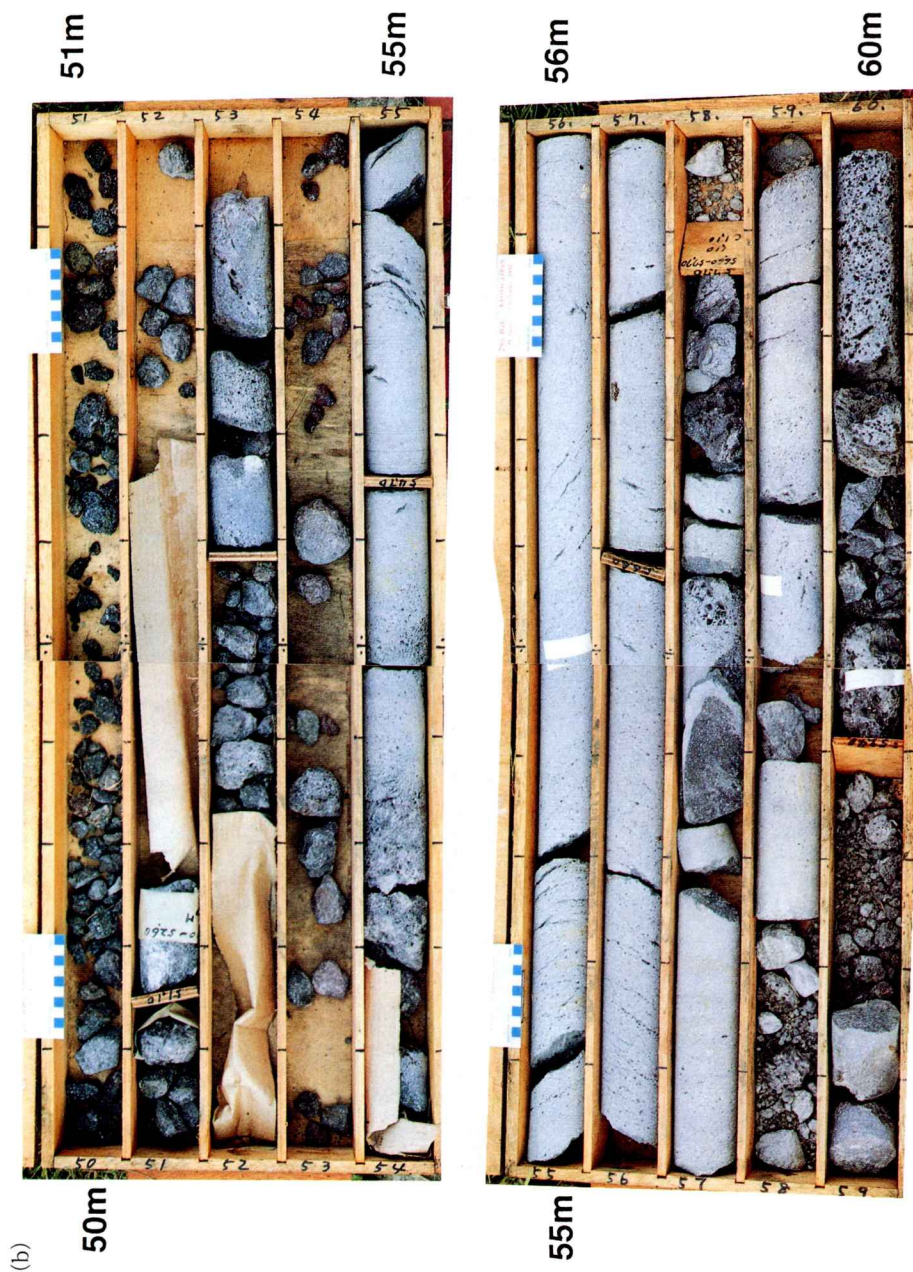
(原稿受理: 1994 年 7 月 21 日)





図版1(a) ボーリングコアの写真 (30~40m)

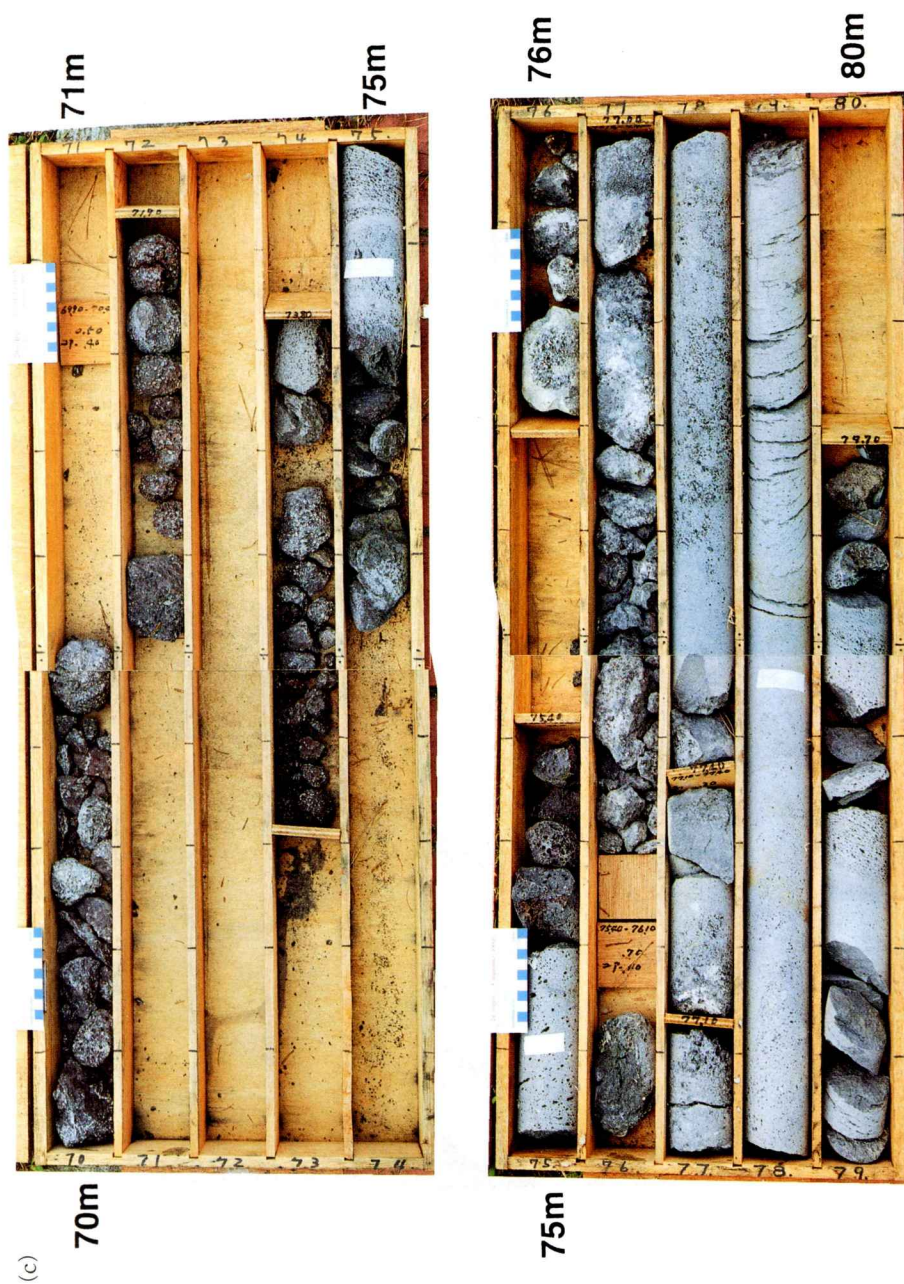
Plate 1. (a) Representative photographs of the borehole cores (30~40m).



図版 1 (b) ボーリングコアの写真 (50～60m)

Plate 1. (b) Representative photographs of the borehole cores (50～60m).

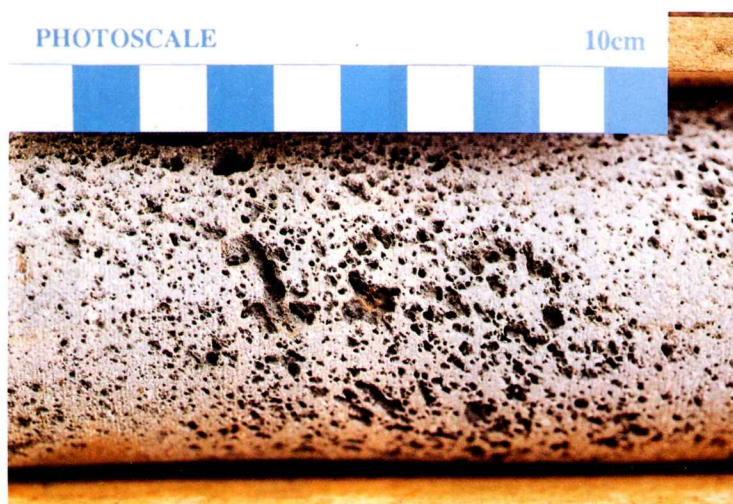




図版 1(c) ボーリングコアの写真 (70~80m)

Plate 1. (c) Representative photographs of the borehole cores (70~80m).

(d)

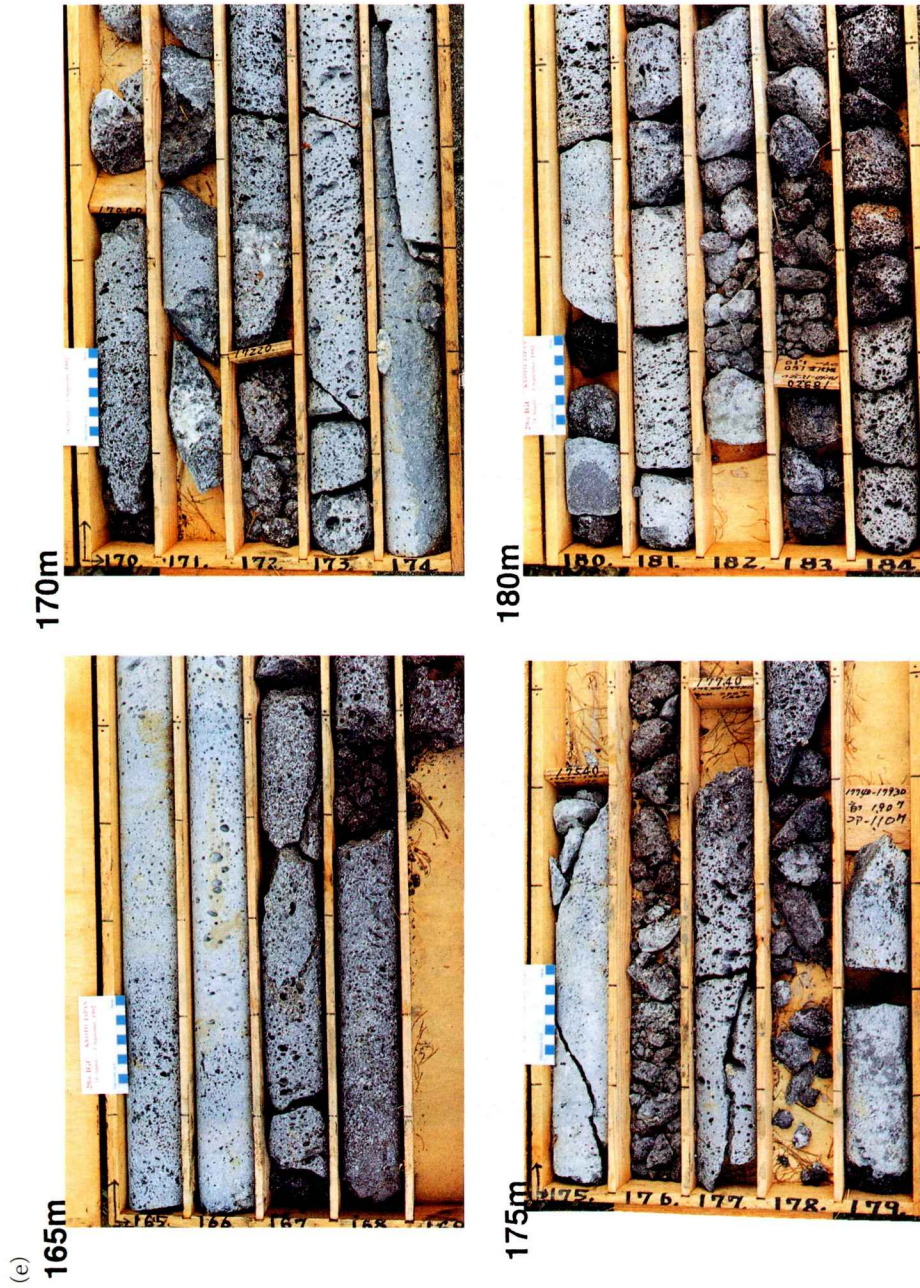


94m

図版 1 (d) ボーリングコアの写真 (90～94m)

Plate 1. (d) Representative photographs of the borehole cores (90～94m).





図版 1 (e) ボーリングコアの写真 (165～185m)

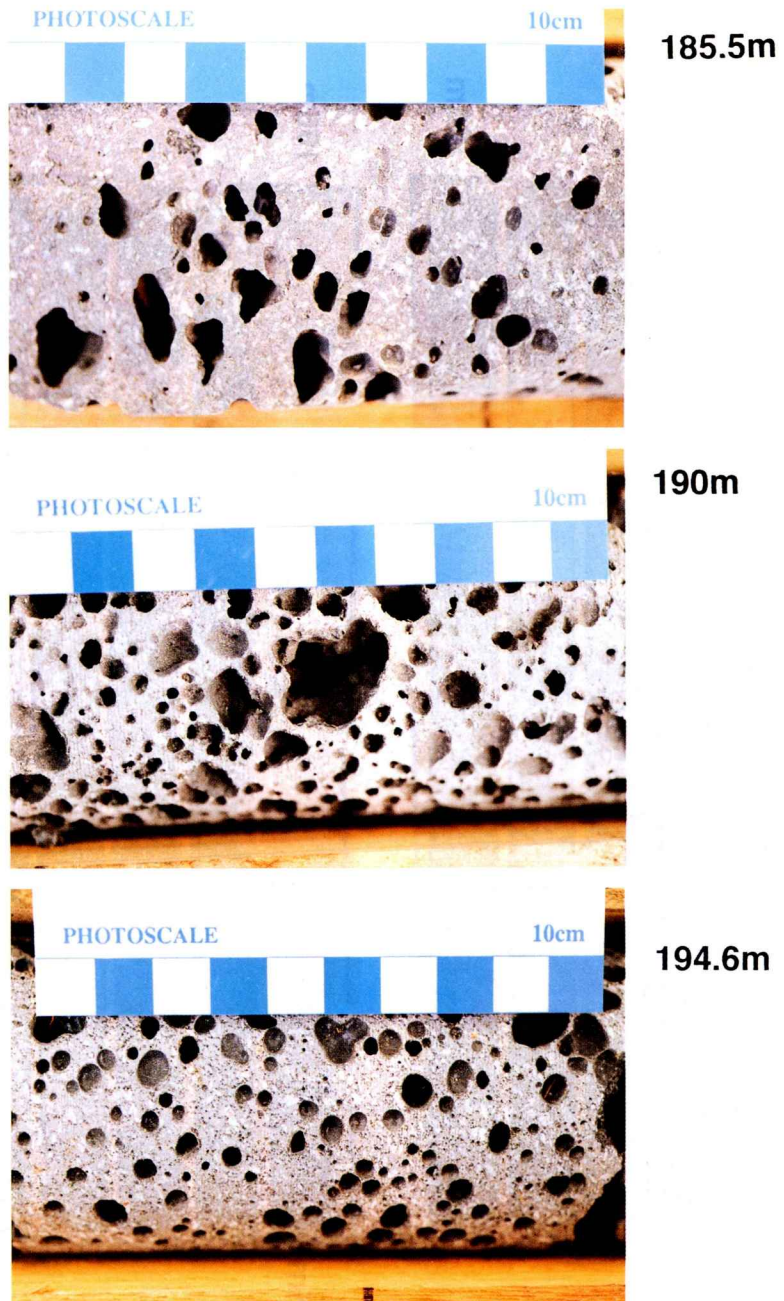
Plate 1. (e) Representative photographs of the borehole cores (165～185m).





図版 1(f) ボーリングコアの写真 (185~190m, 195~200m)  
Plate 1. (f) Representative photographs of the borehole cores (185~190m and 195~200m).

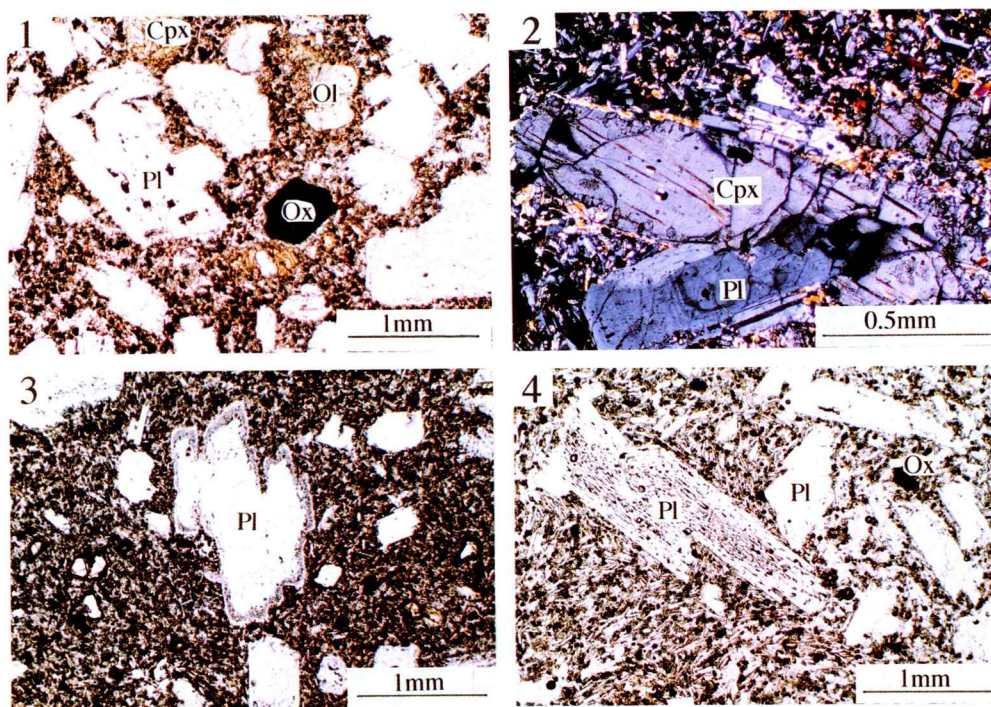
(g)



図版 1 (g) ボーリングコアの写真 (185.5m, 190m, 194.6m)

**Plate 1. (g)** Representative photographs of the borehole cores (185.5m, 190m and 194.6m).





図版 2-1~4 岩石資料の顕微鏡写真 (65~25m)

**Plate 2. 1~4** Photomicrographs of thin sections of borehole core samples (65~25).

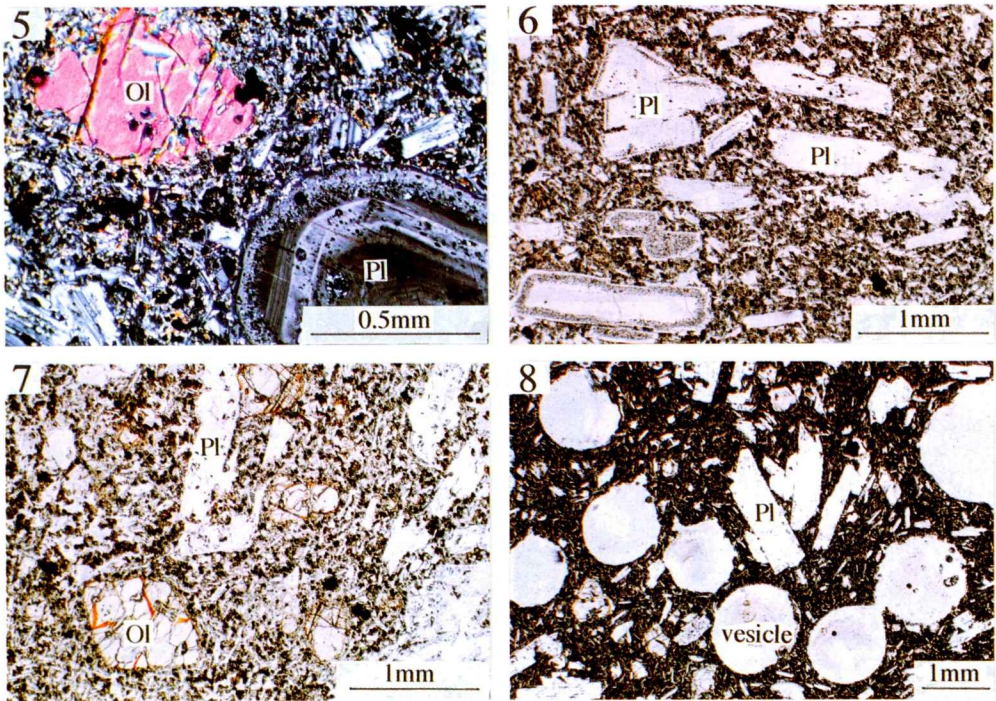
Pl: plagioclase, Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene, Ox: Fe-Ti oxide.

1: Plagioclase and anhedral olivine (A-1 from group A5). Plane-polarized light.

2: Clinopyroxene with reaction rim and clear zoned plagioclase (B, A5).  
Crossedpolarized light.

3: Dusty plagioclase (C-1, A4). Plane-polarized light.

4: Honey-combed structure in plagioclase and clear plagioclase (D, A4).  
Plane-polarized light.



図版 2-5~8 岩石資料の顕微鏡写真 (196~65m)

Plate 2. 5~8 Photomicrographs of thin sections of borehole core samples (196~65m).

Pl: plagioclase, Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene, Ox: Fe-Ti oxide.

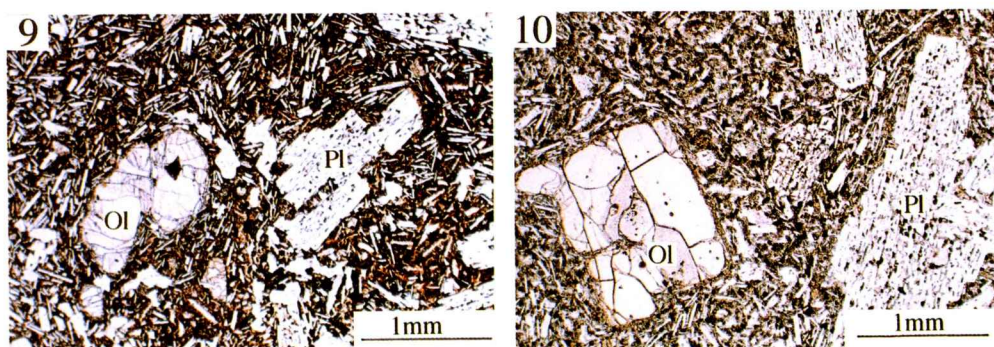
5 : Zoned plagioclase with dusty zone and subhedral olivine with reaction rim (H, A3). Crossed-polarized light.

6 : Clear plagioclase and plagioclase with dusty zone (I, A3). Plane-polarized light.

7 : Subhedral olivine (K-2, A2). Plane-polarized light.

8 : Clear plagioclase and large round vesicles (M-2, A2). Plane-polarized light.





図版 2-9, 10 岩石資料の顕微鏡写真 (201~196m)

**Plate 2. 9, 10** Photomicrographs of thin sections of borehole core samples (201~196m).

Pl: plagioclase, Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene, Ox: Fe-Ti oxide.

9: Subhedral olivine and honey-combed plagioclase in pilotaxitic groundmass (N-3, A1). Plane-polarized light.

10: Olivine and honey-combed plagioclase (N-1, A1).  
Plane-polarized light.